

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Мішкольцький університет (Угорщина)

Магдебурзький університет (Німеччина)

Петрошанський університет (Румунія)

Познанська політехніка (Польща)

Софійський університет (Болгарія)

Ministry of Education and Science of Ukraine

National Technical University  
«Kharkiv Polytechnic Institute»

University of Miskolc (Hungary)

Magdeburg University (Germany)

Petrosani University (Romania)

Poznan Polytechnic University (Poland)

Sofia University (Bulgaria)

**ІНФОРМАЦІЙНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ:  
НАУКА, ТЕХНІКА,  
ТЕХНОЛОГІЯ, ОСВІТА,  
ЗДОРОВ'Я**

Наукове видання

Тези доповідей  
**XXVII МІЖНАРОДНОЇ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ  
MicroCAD-2019**

**У чотирьох частинах  
Ч. II.**

**Харків 2019**

**INFORMATION  
TECHNOLOGIES:  
SCIENCE, ENGINEERING,  
TECHNOLOGY, EDUCATION,  
HEALTH**

Scientific publication

Abstracts  
**XXVII INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC-PRACTICAL  
CONFERENCE  
MicroCAD-2019**

**The four parts  
P. II.**

**Kharkiv 2019**

**ББК 73**  
**I 57**  
**УДК 002**

**Голова конференції:** Сокол Є.І. (Україна).

**Співголови конференції:** Торма А. (Угорщина), Раду С. М. (Румунія), Стракелян Й. (Німеччина), Лодиговські Т., Шмідт Я. (Польща), Герджиков А. (Болгарія).

Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019, 15-17 травня 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – 400 с.

Подано тези доповідей науково-практичної конференції MicroCAD-2019 за теоретичними та практичними результатами наукових досліджень і розробок, які виконані викладачами вищої школи, науковими співробітниками, аспірантами, студентами, фахівцями різних організацій і підприємств.

Для викладачів, наукових працівників, аспірантів, студентів, фахівців.

Тези доповідей відтворені з авторських оригіналів.

ISSN 2222-2944

**ББК 73**  
© Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
2019

## ЗМІСТ

<b>Секція 8.</b> Мікропроцесорна техніка в автоматичі та приладобудуванні	4
<b>Секція 9.</b> Електромеханічне та електричне перетворення енергії	54
<b>Секція 10.</b> Сучасні інформаційні та енергозберігаючі технології в енергетиці	127
<b>Секція 11.</b> Сучасні хімічні та харчові технології і матеріали, біотехнології та технології видобування і переробки паливних копалин	191
<b>Секція 12.</b> Сучасні технології в освіті	378

## СЕКЦІЯ 8. МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА В АВТОМАТИЦІ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННІ

### ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ НА АЕС

Амедова І.А., Дроздова Т.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В даний час атомна енергетика є однією з найбільш важливих галузей промисловості. Якості експлуатації атомних електростанцій (АЕС) приділяється підвищена увага, що обумовлено його впливом на рівень безпеки та економічну ефективність АЕС. Одним з підходів до постійного вдосконалення якості експлуатації АЕС є розробка, впровадження та підтримання в актуальному стані системи управління якістю відповідно до міжнародних стандартів ISO серії 9000. На рис. 1 показана структура управління якістю на АЕС.

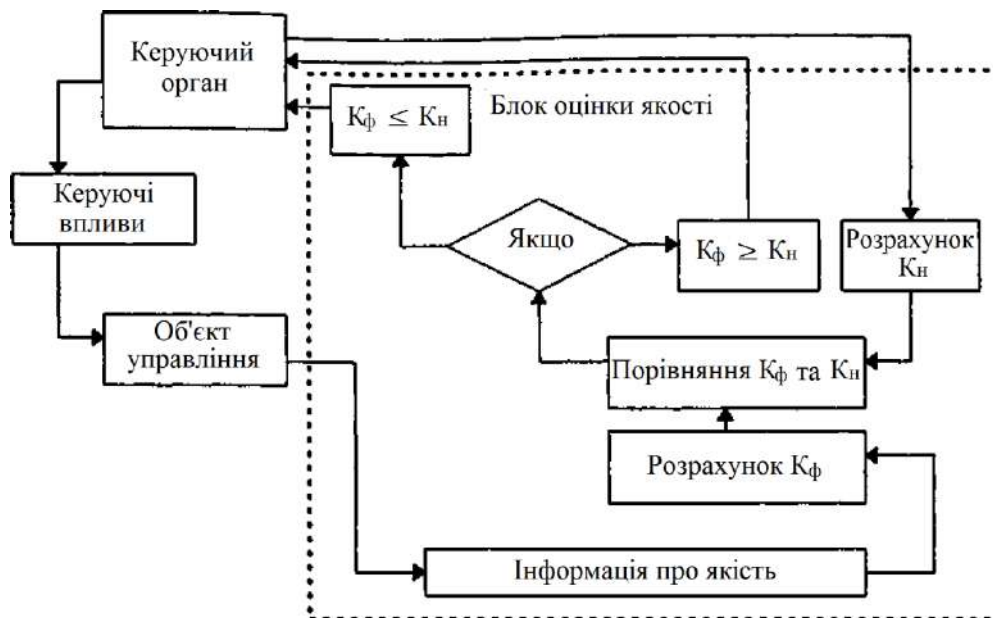


Рисунок 1 – Схема управління якістю на АЕС

Функції керуючого органу виконує керівний персонал АЕС. Сукупність керуючих впливів з підвищення якості формується з метою стабілізації позитивних або усунення негативних змін рівня якості. До їх числа відносяться технічні, організаційні, навчальні, економічні, інформаційні, соціально-правові та виховні впливи. Об'єктом управління є процеси АЕС. Найважливішим елементом системи якості на АЕС є оцінка якості процесів, що передбачає розрахунок фактичних  $K_f$  і нормативних  $K_n$  критеріїв, їх порівняння і передача результатів в керуючий орган.

Таким чином, можна відзначити, що розробка і впровадження системи якості на АЕС сприяє постійному поліпшенню якості, і, отже, завоюванню довіри споживача до своєї продукції і послуг.

## **ТЕХНІЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ВИРОБНИЦТВА ШОКОЛАДУ В УКРАЇНІ: ЯКІСТЬ ТА СТАНДАРТИ**

**Андрусенко О.О., Дроздова Т.В.**

***Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

З 1 січня 2018 року в Україні почали діяти обов'язкові для всіх виробників вимоги до виробів з какао і шоколаду, які забезпечують дотримання європейських стандартів у сфері безпеки та якості продуктів харчування.

Основним нормативно-технічним документом, що регулює якість шоколаду в Україні є Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України 13.04.2016 р. № 157 «Про затвердження Вимог до продуктів з какао та шоколаду». Даний наказ має статус Технічного регламенту, тобто закону України або нормативно-правового акту, у якому визначено характеристики продукції або пов'язані з нею процеси чи способи виробництва, дотримання яких є обов'язковим.

Відповідно до Наказу в темному шоколаді обов'язково повинно бути не менше 35% какао-продуктів в перерахунку на суху речовину. У молочному - більше 25% і не менше 14% молочних продуктів. Білий шоколад повинен містити не менше 20% какао-масла і більше 14% - молочних продуктів.

Основним національним стандартом України, що регулює норми до шоколаду є стандарт ДСТУ 3924:2014 «Шоколад. Загальні технічні вимоги». Даний стандарт містить в собі загальні технічні вимоги, вимоги щодо безпеки, щодо охорони довкілля та утилізування, маркування, пакування, транспортування та зберігання, методи контролювання.

Для підтвердження відповідності шоколаду встановленим вимогам, використовують наступні стандарти:

- фізико-хімічні показники – ДСТУ 5076:2008, ДСТУ 4672:2006, ДСТУ 4683:2006;
- маса нетто, органолептичні показники – ДСТУ 4683:2006;
- масова частка вологи та сухих речовин – ДСТУ 4910:2008;
- масова частка цукру – ДСТУ 5059:2008;
- масова частка жиру – ДСТУ 5060:2008.

Якщо об'єктивно порівняти вимоги національних стандартів України, які діяли раніше, з прийнятими європейськими нормами, можна побачити, що кардинальних змін, які впливають на якість і безпеку продуктів з какао та шоколаду, немає.

Після введення європейських норм національні стандарти якості стали добровільними для виконання. Виробник має право самостійно вирішувати, як вибудовувати технологічні процеси і визначати критерії якості продукту. Однак державі важливо проконтролювати, щоб споживачеві надавалася правдива і повна інформація про склад виробу.

## **ВИБІР ДЕТЕКТОРІВ ДЛЯ ГАЗОВИХ ХРОМАТОГРАФІВ**

**Бакшеєв С.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Газова хроматографія є універсальним методом аналізу, яка дає змогу розділяти й кількісно визначати різні суміші, в тому числі і низькокиплячі газоподібні сполуки та суміші рідких і твердих речовин. До них належить надзвичайно багато органічних речовин, а також значна кількість простих і складних неорганічних сполук. Газовий хроматограф складається з багатьох систем, які взаємодіють між собою [1]. Основними системами будь-якого газового хроматографа є колонка і детектор. Хроматографічна колонка розділяє, а детектор кількісно визначає компоненти які проходять через нього в газовій суміші. Точність і швидкість при аналізі суміші в хроматографії в значній мірі залежать від правильності вибору детектора та умов експерименту (тип сорбенту, температура, швидкість газу-носія, довжини колонки). Тому, актуальною задачею в газовій хроматографії є оптимальний вибір детекторів для хроматографів в залежності від хімічного складу аналізованих речовин і сумішей на підставі вивчення принципів дії і конструктивних особливостей детекторів, їх переваг та недоліків.

Детектор призначений для реєстрації вихідних кривих у вигляді сигналів (піків) достатньої амплітуди, необхідних для кількісних вимірювань [2]. Детектори для газових хроматографів поділяють на універсальні і селективні. Універсальні реєструють властивість, яку мають усі речовини, селективні детектори вимірюють властивість, притаманну певним речовинам. Кожний детектор характеризується такими основними характеристиками як: чутливість, межа виявлення сигналу, фоновий сигнал, лінійний діапазон, інерційність, стабільність, селективність. На сьогодні в газовій хроматографії застосовується приблизно 50 видів детекторів.

В ході роботи було виявлено, що найпопулярнішими детекторами в газових хроматографах є наступні: хемілюмінесцентні, детектори електронного захоплення, термоіонні, полум'яно-фотометричні (відносяться до селективних детекторів), а також детектор теплопровідності (катарометр), полум'яно-іонізаційні детектори, електрохімічні (універсальні детектори).

### **Література:**

1. В.О. Вінарський Хроматографія (Ел. версія): Курс лекцій з двох частин: Частина 1. Газова хроматографія, 2001р. – С. - 14 – 26.
2. О.М. Лисенко Основи газової хроматографії. Ковальчук Т.В, Зайцев В.М. - 2010р. – С. -110.

## **ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ ТЮТЮНУ**

**Бережний Д. В., Борисенко Є. А.**

***Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

Виробництво тютюнових виробів складається з первинної обробки (підготовки) тютюнової сировини та виготовлення відповідних виробів.

Первинна обробка зібраного тютюнового листа істотно впливає на формування якості тютюну і включає наступні основні технологічні операції [1]:

- сушку, що складається з двох фаз, - томління і фіксації (власно сушіння);

- томління – витримку тютюнового листа при температурах не вище (25 – 30) °С, при цьому листя набуває жовтого забарвлення в результаті руйнування хлорофілу і окислення поліфенолів і глікозидних сполук;

- фіксацію – видалення вологи з тканини листа;

- ферментацію, яку проводять для додання тютюну характерних властивостей, при яких він стає придатним для виготовлення різних виробів.

Найбільш близьким до заявленого технічного рішення є спосіб підготовки тютюну до ферментації, здійснюваний в установках для штучної сушки щойно зібраного тютюнового листа, розміщених на касетах, який полягає в наступному [2]. Щойно зібране тютюнове листя, доставлене з поля в м'якій або жорсткій тарі (контейнерах), надходить на спеціальний майданчик, на якому відбувається заповнення касет тютюновим листям. Підготовлені касети завантажують в сушильні камери. Тривалість процесу підготовки тютюну до ферментації становить від 96 до 168 г. Технологічний процес включає томління, фіксацію кольору пластинки листа, сушку пластинки листа, досушку середньої жилки і зволоження. Тютюнове листя томлять при температурі (28 – 32) °С і відносній вологості повітря  $\varphi = (75 – 80) \%$  протягом 40 – 80 г. З появою жовтого забарвлення температуру повітря в сушарці піднімають до (37 – 38) °С, і підсилюють вентиляцію, знижують вологість повітря до (65 – 70) %. Фіксація кольору і сушка пластинки листа проводяться при температурі (40 – 45) °С протягом 20 – 40 г. Висушування листових пластинок здійснюють при температурі (48 – 50) °С і підтримують на цьому рівні до остаточного висихання всієї листової пластинки, протягом 13 – 20 г. досушки середньої жилки – при температурі (60 – 80) °С, відносній вологості (6 – 7)% за 12 – 28 г., зволоження протягом 4 – 16 г.

### **Література:**

1. Мохначев И.Г. Технология сушки и ферментации табака // И. Г. Мохначев, М. Г. Загоруйко., А. И. Петрий – М. : Колос, 1993. с. 288.

2.Переробка тютюну квасу [Електронний ресурс]. – Режим доступу : // [http://poteme.com.ua / tekhnologieskie-temy / knigi / pererabotka-tabaka-nikolaev-e-v-beregovaya-v-m-2005](http://poteme.com.ua/tekhnologieskie-temy/knigi/pererabotka-tabaka-nikolaev-e-v-beregovaya-v-m-2005).

## **ВИЗНАЧЕННЯ ВЗАЄМНОЇ КОРЕЛЯЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ГУБНОЇ ПОМАДИ**

**Боженко М. М., Григоренко І. В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Кореляційний аналіз дає змогу виміряти ступінь впливу факторних ознак на результативні, встановити єдину міру тісноти зв'язку і роль досліджуваного фактору (факторів) у загальній зміні результативної ознаки. Кореляційний метод дозволяє одержати кількісні характеристики ступеня зв'язку між двома і більшим числом ознак, дає більш широке уявлення про зв'язок між ними. Зв'язки між факторами досить різноманітні. При цьому одні ознаки виступають в ролі факторів, що діють на інші, зумовлюючи їх зміну, другі – в ролі дії цих факторів. СENSE кореляційного аналізу, що до контролю параметрів технологічного процесу виготовлення губної помади, полягає у визначенні кількісної міри схожості різних сигналів. Взаємна кореляційна функція різних сигналів описує як ступінь подібності форми двох сигналів, так і їх взаємне розташування відносно один одного по координаті (незалежної змінної). Визначення взаємної кореляції двох сигналів виражається формулою [1]

$$(f \star g)(t) \stackrel{\text{def}}{=} \int_{-\infty}^{\infty} f^*(\tau) g(t + \tau) d\tau.$$

Якщо  $X$  і  $Y$  – два незалежних випадкових числа з функціями розподілу ймовірностей відповідно  $f(t)$  і  $g(t)$ , тоді взаємна кореляція  $f^*g(t)$  відповідає розподілу ймовірностей виразу  $-X + Y$ . Навпаки, згортка  $f^*g(t)$  відповідає розподілу ймовірностей суми  $X + Y$ .

Об'єктом дослідження блоку контролю параметрів технологічного процесу виготовлення губної помади є математичне обґрунтування взаємної кореляції параметрів на певній ділянці технологічного процесу, а саме, в момент фасування за допомогою автоматичної установки для відливання губних помад. При фасуванні губної помади на автоматичній установці для відливання губної помади, необхідно контролювати наступні параметри:

- температуру столу в зоні наповнення гнізд масою (25 – 45)°C;
- температуру столу в зоні «вистрілювання» олівців в пенал (17 – 24)°C;
- робочий тиск в зоні «вистрілювання» олівців в пенал (7,5 – 8) МПа.

Процес виготовлення губної помади включає в себе складний алгоритм послідовних та паралельних дій, які мають бути дуже чітко врегульовані та знаходитись під постійним контролем. Для того, щоб отримати якомога якісніший продукт, необхідно з'ясувати саме яким чином конкретні параметри впливають на якість продукту, оскільки від процесу фасування залежить кінцевий результат та зовнішній вигляд губної помади.

### **Література:**

1. Цифровая обработка сигналов квасу [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www. http://books.ifmo.ru/file/pdf/1075.pdf](http://www.http://books.ifmo.ru/file/pdf/1075.pdf).



## **РЕЗУЛЬТАТИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЦИФРОВОГО ЛЮКСМЕТРУ**

**Бондаренко С.В., Балєв В.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У попередній роботі [1] були описані плани удосконалення розробленого раніше люксметру. Планувалося додати йому функцію виміру пульсацій джерел виробничого освітлення та можливість виміру кольорової температури. Проводилися роботи по наданню можливості підключення люксметру до комп'ютеру за допомогою середовища розробки та платформи для виконання програм LabVIEW для подальшої можливості обробки, реєстрації та архівації даних, отриманих з чутливого елементу приладу. Планувалося розробити схему електричну принципову, складальне креслення та розвести друковану плату розробленого люксметру за допомогою програми P-CAD.

У попередній роботі ми стикнулися з такою проблемою, що використовувати макет розробленого люксметру не дуже зручно, тому що його окремі модулі тримаються на дротах. Планувалося розробити корпус люксметру для підвищення зручності користування. Було поставлено задачу замінити модуль Arduino UNO R3 на окремий мікроконтролер, тому що він займає значно більше місця ніж мікроконтролер та коштує дорожче.

В результаті проведених робіт удосконалений люксметр можна підключати до комп'ютеру за допомогою середовища розробки та платформи для виконання програм LabVIEW. Було розроблено схему електричну принципову, складальне креслення та розведено друковану плату розробленого люксметру за допомогою програми P-CAD. Це надало нам можливість виконати прилад на компактній друкованій платі, що значно підвищило зручність його використання. Було замінено модуль Arduino UNO R3 на окремий мікроконтролер ATmega32, який на даний момент коштує 76 гривень. Це знизило ціну розробленого приладу на 493 гривні та значно зменшило його габарити.

Хоча значна кількість дій для удосконалення розробленого люксметру ще залишається у планах, прилад вже став набагато краще його попередника. Ми знизили ціну люксметру, зробили його компактнішим та зручнішим у використанні. Завдяки наданню можливості підключити прилад до комп'ютеру за допомогою середовища розробки та платформи для виконання програм LabVIEW, його можна використовувати як лабораторний макет, студенти можуть вимірювати значення освітленості з подальшою їх обробкою у середовищі LabVIEW.

### **Література:**

1. Бондаренко С.В. Удосконалення цифрового люксметру / С.В. Бондаренко, В.М. Балєв //Актуальні проблеми автоматики та приладобудування :матеріали Міжнарод. наук.-техн. конфер., 06-07 грудня 2018 р. / Є.І. Сокол (голова оргком.) – Х. : ФОП Панов А.М., 2018. – 248 с.

## ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА НА БАЗІ ПРИНЦИПУ МАКСИМУМУ

Борисенко А.М.<sup>1</sup>, Богаєвський О. Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут»,*

<sup>2</sup>*Харківський національний автомобільно-дорожній  
університет, м. Харків*

Побудовано математичну модель дизель-генератора (ДГ) як об'єкта регулювання швидкості  $\omega$  з урахуванням випадкового характеру її девіації, зміни фаз подачі палива й повітропостачання агрегату. При цьому первинна модель записана в такий спосіб

$$\begin{cases} J_{\kappa} \frac{d\omega_{\kappa}}{dt} = M_T - M_{\kappa} \\ J \frac{d(\omega + \xi)}{dt} = M_i - M_{II} - M_H, \end{cases}$$

де:  $J$  – момент інерції частин дизеля, що обертаються;  $J_{\kappa}$  – момент інерції частин турбокомпресора, що обертаються;  $M_T = M_T(\omega, \omega_{\kappa}, B_{\kappa})$  – крутильний момент турбіни;  $M_{\kappa} = M_{\kappa}(Q, \omega_{\kappa})$  – момент опору компресора;  $\omega_{\kappa}$  – кутова швидкість ротора турбокомпресора;  $B_{\kappa}$  – годинні витрати палива двигуна;  $M_H$  – момент навантаження на валу дизеля;  $M_i$ ,  $M_{II}$  – відповідно індикаторний момент і момент втрат двигуна;  $Q$  – витрати повітря через компресор;  $\xi$  – девіація кутової швидкості колінчатого вала.

Індикаторний момент ДГ записується відповідно до формули

$$M_i = M(\omega, h_p, \theta, Q_{\delta}), \quad (1)$$

де  $h_p$  – координата паливодозуючого органу;  $\theta$  – фаза подачі палива;  $Q_{\delta}$  – витрати додаткового повітря.

Задача оптимізації управління ДГ полягає в пошуку таких законів зміни  $h_p(t)$ ,  $\theta(t)$ ,  $Q_{\delta}(t)$ , при яких  $M_i$  (1) змінюється так, щоб забезпечити мінімальне значення критерія-функціонала з урахуванням обмежень на керуючі сигнали

$$I = \int_{t_0}^{t_k} \left\{ [(\omega_H - \omega(t))]^2 + \lambda_1 h_p^2(t) + \lambda_2 v^2(t) \right\} dt, \text{ де } t_0 - \text{момент початку перехідного}$$

процесу;  $t_k$  – момент закінчення перехідного процесу;  $\omega_H$  – номінальна кутова швидкість вала;  $\omega(t)$  – миттєва кутова швидкість в перехідному режимі Д;  $v$  – кількість токсичних складових у випускних газах Д;  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$  – вагові коефіцієнти. Після використання принципу максимуму одержані квазіоптимальні управління, які дозволили зменшити тривалість перехідного процесу та відхилення частоти обертання відповідно в 3 та 2,5 рази на агрегаті потужністю 2200кВт.

## **АНАЛІЗ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ВАГИ ТА ШЛЯХИ ЇЇ ЗМЕНШЕННЯ**

**Борисенко Є. А., Кондратенко Р. О.**  
*Національний технічний університет*  
*«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

При використанні високоточних ваг, таких, як ваги аналітичні або лабораторні, під час розрахунку результуючої похибки до уваги потрібно брати якомога більше можливих складових.

Статична плавучість, або дрейф номінальної статичної характеристики, обумовлення дрейфом ряду параметрів механічних та мікроелектронних складових елементів ваг. В залежності від якості виконання цих елементів приведені значення цієї похибки може доходити до одиниць відсотка. Однак під час калібрування цю складову похибки можна виключити майже повністю, невиключена складова цієї похибки буде досить малою, тобто нею можна знехтувати. Похибка, що має місце між калібруваннями може бути охарактеризована як основна методична, може мати адитивні та мультиплікативні складові

Встановлення ваг у неповній відповідності до їх робочого положення. Наприклад встановлення ваг на поверхню, що не є горизонтальною, за умови, що ваги мають стояти строго горизонтально. При несильному відхиленні від робочого положення ця похибка досить мала, до того ж високоточні ваги часто оснащують візиром, за допомогою якого ваги виставляють горизонтально.

Під час тривалої експлуатації за рахунок механічного зносу рухомих частин ваг та за рахунок накопичення втоми у пружних елементах може з'явитися похибка, викликана гістерезисом та яка проявляється у відмінності показів при вимірюванні однієї і тієї ж маси. Цю складову похибки виключити не можна, при її виявленні під час калібрування клас точності ваг має бути знижений. Може мати як адитивну, так і мультиплікативну складові.

За певних обставин суттєвими можуть бути похибки, викликані впливом зовнішніх факторів. Серед таких можна відмітити конденсація або випаровування вологи на зважуваних предметах за різких змін їх температур; осідання пилу на платформах зважування ваг; геомагнітні аномалії, що змінюють дійсне значення сталої прискорення вільного падіння; конвекційні потоки повітря в лабораторії, що здійснюють зважування; механічні коливання та вібрації, що діють на ваги у процесі зважування. Перелічені в цьому абзаці чинники будуть найбільш значущими під час зважування об'єктів із малою масою та будуть переважно призводити до появи похибок адитивного характеру.

Для підвищення точності результату вимірювання ваги доцільним виглядає застосування структурно-алгоритмічних методів. У подальших дослідженнях планується застосувати тестові методи, що передбачають введення адитивних та мультиплікативних тестових впливів для усунення відповідних похибок із результату вимірювання.

## **ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ С RESIDIAL АРХИТЕКТУРОЙ ДЛЯ ФИЛЬТРАЦИИ ШУМОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

**Васильченко О.Г., Сальников Д.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Для борьбы с воздействием шумов на изображения разработаны модифицированные медианные фильтры [1,2], большинство из которых успешно работают только в определенных условиях (при заданном уровне плотности шума и/или определенном типе шумового воздействия). В последнее время набирают популярность методы фильтрации помех основанные на механизмах нейросетей [3, 4].

Нейросети представляют собой цепочки слоев (операций) над данными. В ходе процесса обучения каждый слой из цепочки «подбирает» необходимые коэффициенты для достижения необходимого результата. Чем больше слоев в нейросети, тем большего качества предсказания выходных данных она позволяет добиться. К сожалению имеет место так называемый эффект размывания градиента. В ходе обучения глубокой нейросети градиент «растворяется», что приводит к невозможности её обучить.

Для борьбы с таким эффектом применяют слой Batch Normalization. Позже были предложены также Layer Normalization и Instance Normalization. Все они существенно повышают вычислительную сложность системы.

Другим перспективным подходом является использование нейросетей с Residual архитектурой, которые обеспечивают прохождение градиента без внесения значимых изменений в вычисления нейросети.

### **Литература:**

1. D. Brownrigg, The weighted median filter / D. Brownrigg // Commun. Assoc. Comput. Mach., Mar. 1984. – vol. 27. – pp. 807–818.
2. S. J. Ko. Center weighted median filters and their applications to image enhancement / S. J. Ko, Y. H. Lee // IEEE Trans. Circuits Syst. 1991. – vol. 38. – pp. 984–993,
3. Beyond a Gaussian Denoiser: Residual Learning of Deep CNN for Image Denoising Kai Zhang, Wangmeng Zuo, Senior Member, IEEE, Yunjin Chen, Deyu Meng, Member, IEEE, and Lei Zhang Senior Member, IEEE
4. Harold C. Burger. Image denoising: Can plain Neural Networks compete with BM3D / Harold C. Burger, Christian J. Schuler // IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2012.

## **ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ.**

**Верлока В. В., Борисенко Є. А.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Питання забезпечення України енергетичними ресурсами є досить складним, оскільки потужності для видобутку вуглеводних ресурсів є обмеженими, багато родовищ знаходяться наприкінці свого життєвого циклу. Експорт енергоресурсів є досить витратним та суттєво впливає на безпеку та є джерелом впливу на політику, що провадить Український уряд.

У той же час Україна є провідним виробником різноманітної сільгосппродукції, а сільськогосподарська промисловість породжує значні обсяги побічних продуктів, деякі з котрих можна умовно об'єднати в поняття агробіомаси, грамотна переробка якої здатна частково задовільнити потреби ринку України та замінити вуглеводні.

На сьогоднішній день значна частка енергоресурсів направляється на опалення осель, і завдяки значному подорожчання вуглеводних видів палива все більшої популярності набувають котли, у яких спалюють деревину. Але через обмежені ресурси деревини її все більше замінюють на паливні брикети.

Головним достоїнством застосування будь-яких брикетів є те, що температура горіння у них майже в два рази вище, ніж у звичайної деревини. При цьому продукти згоряння не завдають шкоди здоров'ю людей. Головний недолік брикетів – це їх більш висока вартість у порівнянні зі звичайними дровами. По тепловіддачі (ккал/кг) піні кей займають перше місце серед вугілля, дров та інших видів брикетів і мають найменшу зольність, що сприятливо впливає на навколишнє середовище.

До умов успішного брикетування відносять вологість сировини, вона повинна бути від 8 до 12 %, а також температуру камери в якій відбувається формування брикету за допомогою шнекового пресу.

Вологість впливає на якість готового брикету та його енергетичну цінність. Чим менша вологість тим краще, якщо вологість перевищує 12 відсотків то виготовлення брикетів з такої сировини не має сенсу і її треба сушити в сушильному барабані.

Температура в камері пресування повинна бути в діапазоні від 170 до 220 °С. Температура впливає на можливість брикету тримати свою форму. При високій температурі та значному тиску, при яких формуються брикети, виділяється лігнін. Лігнін - органічна речовина, що є складовою частиною будь-якого дерева. Лігнін виступає природним клеєм, що сприяє склеюванню сировини в монолітний брикет.

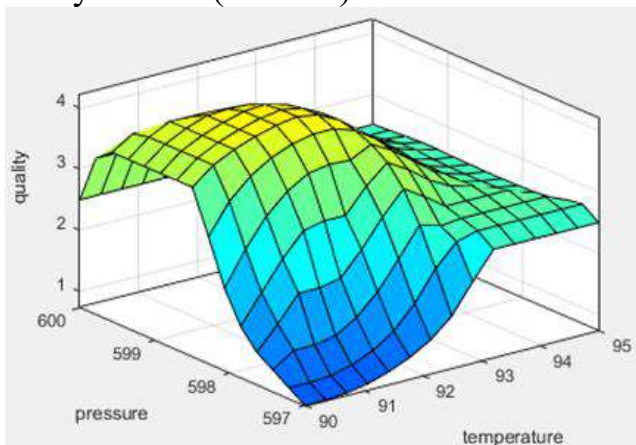
Таким чином, для дотримання умов техпроцесу виготовлення паливних брикетів необхідно здійснювати вимірювання температури в діапазоні (170–220) °С, та відносної вологості у діапазоні (5–80) %.

## РОЗРОБКА ЕВРЕСТИЧНОГО АНАЛІЗАТОРА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КАРАМЕЛІ НА ЯКІСТЬ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

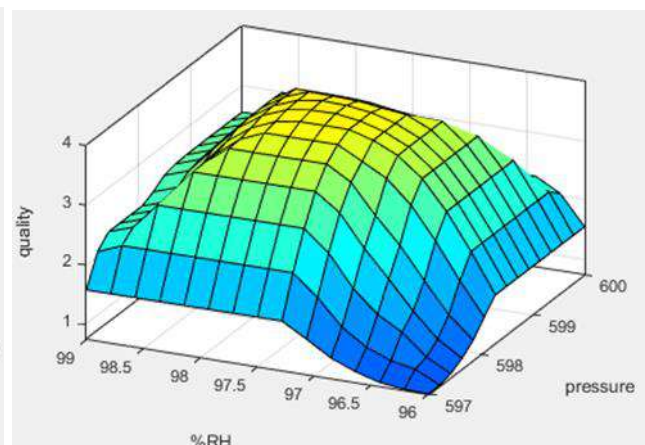
Вовк Л. О., Григоренко І. В., Григоренко С. М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Для побудови евристичного аналізатора буде використано інтерфейс користувача системи fuzzy-logic, який є додатком програми MatLab. У ньому обираємо алгоритм нечіткого виводу Mamdani. Для побудови системи з нечіткою логікою (TipExpert) обираємо найбільш критичний для отримання якісної продукції етап технологічного процесу виготовлення карамелі – виготовлення карамельного сиропу. На цьому етапі повинно контролювати три основні параметри, а саме температуру, тиск та вологість. Отже у моделі повинні бути три входи і один вихід – якість карамельного сиропу. У якості першого входу обираємо параметр – температуру (temperature). У якості другого входу – тиск (pressure). Третій вхід – кислотність (%RH). У якості вихідної величини обираємо якість карамельного сиропу – (quality). Для кожного вхідного та вихідного параметрів задаємо тип функції належності. Обираємо розподіл Гауса для вхідних параметрів та трикутний для вихідного. Виконуємо функцію фазифікації даних, обчислюємо правила, за яким буде прийматися рішення евристичним аналізатором, та виконуємо операцію дефазифікації з виведенням фігури центр тяжіння якої дає значення оптимальної якості карамельного сиропу залежно від температури та тиску (Рис. 1а) та від тиску і %RH (Рис. 1б).



а)



б)

Рисунок 1 – Вікно евристичного аналізатора

Висновок: за допомогою графічного інтерфейсу користувача вдалося побудувати систему з нечіткою логікою, яка надала можливість встановити вплив параметрів на якість продукції. Оптимальна якість буде коли температура дорівнює 92,5 °C, %RH – 97,5 %, тиск – 599 кПа. Запропонований підхід надає можливість врахувати параметри впливу на технологічний процес.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ ДАТЧИКА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЛАГОМЕРОВ**

**Гайдаш А.М., Гунбин М.В., Кордюмов А.И., Гапон А.И.**

***Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков***

Наиболее распространённым электрическим методом измерения влажности капиллярно-пористых материалов является метод измерения по их диэлектрическим свойствам в диапазоне частот 0,3 – 30 МГц.

Диэлектрический метод измерения влажности можно применять при условии, что материал содержит воду только в одной жидкой фазе. Диэлектрическая проницаемость воды в нормальных условиях в упомянутом диапазоне равна  $\epsilon = 81$ . По этой причине помещённая между обкладками конденсатора проба исследуемого материала с различной влажностью приводит к изменению ёмкости конденсатора.

Измеряемые сыпучие вещества в зависимости от их физико-химического состава имеют различную диэлектрическую проницаемость. В высокочастотном поле они характеризуются как элементы с комплексным сопротивлением, в котором эквивалентное активное сопротивление характеризует потери, вызванные влажностью материала, а ёмкостное сопротивление зависит от плотности вещества.

Последовательный резонансный контур (C1, L) содержит индуктивность L, которая конструктивно помещается в измеряемый материал. Напряжение на контуре выпрямляется диодом D, проходит через ёмкость фильтра C3 и нагрузку контура R.

Целью экспериментального исследования есть выбор параметров ёмкостей C1 и C2 для уменьшения погрешности от насыпной плотности. Частота генератора 6 МГц стабилизирована кварцевым резонатором, индуктивность  $L = 17 \mu\text{Гн}$  конструктивно выполнена в форме цилиндра, залита пластмассой, и, как датчик, помещается в измеряемое вещество с объёмом 10 куб. дм.

В процессе экспериментов ёмкость конденсатора C1 изменялась в пределах от 3,5 до 30 пф, а ёмкость конденсатора C2 варьировалась в пределах от 3 до 17 пф.

В качестве исследуемого материала была выбрана пшеница с равновесной влажностью. Измерения зависимостей проводились в процессе загрузки исследуемого вещества в тару, а затем уплотнялись вибрацией. Наименьшая погрешность от насыпной плотности была получена при значениях ёмкости  $C1 = 13$  пф, а  $C2 = 10$  пф.

## КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ФЕРОМАГНІТНИХ ЗРАЗКІВ ЕЛЕКТРИЧНИМ МЕТОДОМ

Горкунов Б. М., Львов С. Г., Гладченко Д. В., Саліба Абдел Нур

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Контроль електричних параметрів металевих циліндричних зразків можна здійснювати методом електричного опору, або методом зміни потенціалу, з використанням потенціометра постійного струму. Суть методу полягає в тому, що через контрольовану деталь за допомогою двох струмових електродів пропускають постійний струм і вимірюють величину падіння напруги, яка фіксується за допомогою двох інших потенційних електродів. Падіння напруги безпосередньо пов'язане з картиною розподілу електричного поля в виробі, яка в разі появи дефекту змінюється. Силові лінії огинають дефект. Ступінь спотворення електричного поля залежить від глибини, довжини і ширини дефекту, а так само від електричної провідності  $\sigma$  і геометричних параметрів об'єкта контролю. Використовуючи метод зміни потенціалу, або метод електричного опору, можна також сортувати суцільні металеві зразки за сортаментом.

Так як в даній роботі при визначенні питомого електричного опору  $\rho$  розглядаються суцільні зразки, то під об'єктом контролю будемо мати на увазі однорідний металевий циліндричний пруток з постійним поперечним перерізом, та відстанню між потенційними електродами.

Дослідження проводилось при двох різних напрямках струму, для підвищення точності вимірювань. Контроль здійснювався на чотирьох циліндричних сталевих зразках довжиною 250 мм і діаметрами 8 мм і 12 мм.

Експериментальні значення ЕРС, які отримані за допомогою потенціометра постійного струму Р363, та розрахункові величини приведені у таблиці.

№	$\ell$ , м	$d$ , м	напрямок 1		напрямок 2		$R$ , Ом	$\rho$ , Ом·м	$\sigma$ , См/м
			$U_1$ , мВ	$U_2$ , мВ	$U_1$ , мВ	$U_2$ , мВ			
1	0,171	0,012	1,977	0,453	1,997	0,473	$0,233 \cdot 10^{-3}$	$0,15 \cdot 10^{-6}$	$6,67 \cdot 10^6$
2	0,16	0,012	1,79	0,383	1,83	0,421	$0,202 \cdot 10^{-3}$	$0,139 \cdot 10^{-6}$	$7,19 \cdot 10^6$
3	0,165	0,008	1,781	0,913	1,825	0,95	$0,515 \cdot 10^{-3}$	$0,156 \cdot 10^{-6}$	$6,41 \cdot 10^6$
4	0,160	0,008	1,818	0,915	1,821	0,911	$0,502 \cdot 10^{-3}$	$0,157 \cdot 10^{-6}$	$6,37 \cdot 10^6$

Цей метод дозволяє розпізнавати різні матеріали за електропровідністю, або може використовуватися як контрольний метод при проведенні безконтактного багатопараметрового контролю.



## **ВИХРОСТРУМОВИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ**

**Горкунов Б. М., Львов С. Г., Кальченко О. О., Аббасі Жаббар**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Точкове зварювання широко використовується для з'єднання двох металевих компонентів, зазвичай тонких листів або пластин, в декількох зварних точках. Ця технологія найчастіше використовується в автомобілебудуванні, авіації та інших машинобудівних і приладобудівних виробництвах. У зв'язку з широким застосуванням в промисловості точкового зварювання, контроль його якості набуває важливого значення.

Метою роботи є контроль якості основних параметрів процесу точкового зварювання. Такими параметрами є глибина і ширина точкової плями, а також електромагнітні властивості зварювальної плями, тобто її локальна магнітна проникність і питома електрична провідність. Для цих цілей найбільш підходить безконтактний вихрострумний метод контролю. Точкове контактне зварювання виконується шляхом стиснення електродів з обох сторін деталей, що з'єднуються з одночасним пропусканням значного струму. Під час точкового зварювання метал в місці зварювання нагрівається і стискається електродами, в результаті утворюється зона розплавлення, яка, при затвердінні, створює круглу зварену точку, або лите ядро. Відповідно в цьому місці змінюється структура матеріалу, з якого він виготовлений, а значить і інформативні параметри: питомий електричний опір і відносна магнітна проникність, за якими і судять про якість зварювання. У разі неправильного зварювання деталі можуть з'єднатися не в повному обсязі, або зона литого ядра може бути менше, ніж потрібно для створення якісного міцного з'єднання.

На чутливість електромагнітного методу контролю якості зварювання значний вплив має зазор між датчиком і поверхнею контролюваного виробу, а також їх взаємне розташування, форма і розміри. Зі збільшенням зазору різко падає чутливість методу, максимальний допустимий зазор - не більше 5 міліметрів. У деякому діапазоні зміни частоти струму живлення перетворювача вдається знайти раціональне значення частоти живлення, яке крім всього ще залежить і від електромагнітних параметрів зварювальних листів та матеріалів. Усе це можна враховувати при побудові фізико-математичної моделі накладного перетворювача, розташованого над плоским зразком, у поверхневому шарі якого наводяться вихрові струми, величина яких характеризує структурні зміни зварювального металевих виробу.

За геометричними, електричними і магнітними параметрами зони зварювання можна не тільки контролювати якість точкового зварювання, а й в динамічному режимі керувати процесом автоматичного зварювання, а саме регулювати силу струму зварювання, силу притиснення електродів та їх ступеню зносу.

## **СИСТЕМА БЕЗДРОТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ З МІКРОПРОЦЕСОРНИМИ ВИМІРЮВАЛЬНИМИ ПРИЛАДАМИ**

**Дубровський Є.С., Лисенко В.В.**

***Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

В наші дні світ інформаційних технологій активно розвивається і рухається в бік автоматизації усіх видів процесів та бездротових технологій передачі даних усіх типів: від аудіо і відео до усілякої мета інформації з речей домашнього побуту – «розумні» холодильники, пілосмоки, пральні машини. Авжеж це не повний перелік речей і звісно їх категорій, адже ми просто не бачимо і не замислюємося як багато пристроїв які нас оточують використовують бездротовий зв'язок. Усі ці і не тільки речі вже вміють спілкуватися між собою та з вашим смартфоном або комп'ютером. Ці всі речі можливо описати одним терміном - терміном «Інтернет речей», він вже захопив наш світ, за прогнозами аналітиків вже в наступному році кількість таких девайсів по всьому світу збільшить 30 мільйонів. Тому було вирішено розглянути проблему або потребу віддаленого керування і моніторингу показників вимірювальних приладів які не були розраховані на бездротову передачу даних при проектуванні. Для вирішення цієї задачі пропонується програмно-апаратний комплекс, що виступає в ролі веб-інтерфейсу для мікропроцесорних вимірювальних приладів.

Апаратна частина комплексу представляє собою пристрій що живиться від мережі 220 В, та включає в себе процесор з ядром від i8051, SPI FLASH, антену, модуль перетворення логічних рівнів для передачі або прийому даних з мікропроцесорного вимірювального приладу по інтерфейсу UART/RS-232. Також до складу пристрою входить реле для керування подачею напруги на вимірювальний прилад та набір кольорових світлодіодних індикаторів стану комплексу (передача або прийом даних, включення живлення вимірювального приладу, індикація режимів роботи та інш.).

Модуль підтримує стандарти IEEE 802.11b/g/n. При відсутності сигналу від мікропроцесорного вимірювального приладу певний час, модуль повідомляє серверу про обрив зв'язку. Вимірювальний мікропроцесорний прилад може надсилати дані у будь-якому форматі, тому що парсинг виконується на сервері по заданому шаблону. Завдяки наявності SPI FLASH з'являється можливість завантажувати нове програмне забезпечення до модуля дистанційно (FOTA – Flashing Over The Air, Програмування через повітря), можливо багаторазове дистанційне перепрограмування.

Програмна частина це локальний «хаб» (сервер) і веб-інтерфейс який дозволяє керувати та налаштовувати систему індивідуально.

Застосування вказаного комплексу може суттєво розширити сферу використання раніш розроблених мікропроцесорних вимірювальних приладів у складі інформаційно-вимірювальних комплексах і системах.

# ИДЕНТИФИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Евсина Н.А., Либерг И.Г., Крылова В.А., Дудник А.В.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Пусть имеется динамическая система, уравнение которой в матрично-векторной форме может быть представлено в следующем виде:

$$\dot{X} = f(X, a, U, F), \quad (1)$$

где  $X(t)$  –  $n$ -мерный вектор состояния;  $U(t)$  –  $m$ -мерный вектор управления;  $F(t)$  –  $p$ -мерный вектор возмущений,  $a[m \times 1]$  – вектор оцениваемых параметров.

В заданном интервале времени  $0 - T$  система подвергается испытаниям, в процессе которых на ее вход подается внешнее воздействие  $F(t)$ . В ходе испытаний регистрируется часть фазовых координат в соответствии с уравнением измерений:

$$Y(t) = C(t) \cdot X + V(t), \quad (2)$$

где  $Y(l \times 1)$ ,  $C(l \times n)$  – вектор и матрица измерений соответственно;  $V(l \times 1)$  – случайный процесс, характеризующий ошибки измерений.

Требуется провести оценку неизвестных элементов вектора  $a$ , сформировав предварительно на этом интервале оптимальные значения вектора входных воздействий  $F(t)$ . Первый этап решения задачи – ее линеаризация относительно опорного решения, имеющего место при номинальных значениях элементов  $a^0$  вектора  $a$ , а именно:

$$X[a^0 + \Delta a, F(t)] = X[a^0, F(t)] + W(t)\Delta a, \quad (3)$$

где  $\Delta a[m \times 1]$  – вектор отклонений оцениваемых параметров;  $W(t)(n \times m)$  – так называемая матрица коэффициентов чувствительности, определяемая по правилам дифференцирования матриц и векторов следующим образом:

$$W(t) = \frac{\partial X}{\partial a} = \begin{bmatrix} \frac{\partial x_1}{\partial a_1} & \frac{\partial x_1}{\partial a_2} & \dots & \frac{\partial x_1}{\partial a_m} \\ \frac{\partial x_2}{\partial a_1} & \frac{\partial x_2}{\partial a_2} & \dots & \frac{\partial x_2}{\partial a_m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial x_n}{\partial a_1} & \frac{\partial x_n}{\partial a_2} & \dots & \frac{\partial x_n}{\partial a_m} \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Таким образом, соотношение (1) при  $a = a^0$  и соотношение (2) при  $W(0)=0$  определяют изменение по времени функций чувствительности при заданном внешнем воздействии  $F(t)$ . Таким образом, соотношение (1) при  $a = a^0$  и соотношение (2) при  $W(0)=0$  определяют изменение по времени функций чувствительности при заданном внешнем воздействии  $F(t)$ .

## ОТРИМАННЯ ДОБОВОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФІКА ОФІСНОЇ БУДІВЛІ

Євсєєнко О. М., Пивоваров А.С.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Будівлі є найбільшими споживачами тепла та енергії в усьому світі. Сектор адміністративних та офісних будівель становить близько двох третин споживання первинної енергії. Кількість будівель продовжує збільшуватися, що чинить додатковий тиск на сферу постачання енергоносіїв в усьому світі. Глобальний попит на енергію будівель за прогнозами зростає ще на 30% до 2035 року. Тому для зменшення навантаження на енергетичний сектор необхідно шукати способи підвищення енергоефективності вже існуючих будівель.

Офісна будівля – це будова, що складається з декількох поверхів з системою вентиляції та опалення. Приміщення в офісній будівлі розділені на секції перегородками. Для опалення кожної секції використовуються радіатори, які отримують тепло від централізованого теплопостачання або від індивідуальних теплових пунктів.

Для аналізу об'єкта керування отримано графік добової температури в приміщенні для однієї секції (рис. 1).

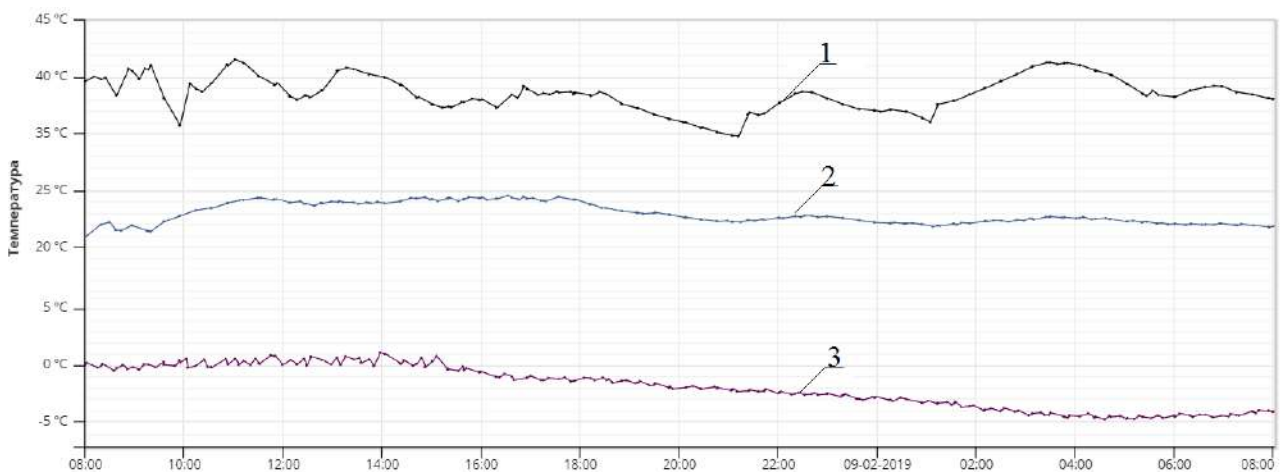


Рисунок 1 – Добовий температурний графік температури в приміщенні, де:  
1 – температура батареї, 2 – температура в приміщенні, 3 – вулична температура

Результати показали, що на показання датчика температури повітря впливає сонце. На показання датчика температури в приміщенні впливає близькість його розташування до нагрівача або людини. Оскільки система опалення централізована, для економії тепла вдень необхідно управляти температурою теплоносія в котельні, а для підвищення комфорту використовувати місцеві радіатори. Для економії тепла вночі можна знижувати температуру в приміщенні до мінімально допустимого рівня і виводити її до необхідного значення до початку робочого дня.

## **СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ОБЛАДНАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ**

**Жемелко Д.Д., Трохін М.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У сучасному світі існує декілька видів добутку електричної енергії. Одним з них є сонячні електростанції, які майже не потребують присутності людей під час роботи. Тим самим стаючи вигіднішою та безпечнішою альтернативою на відмінно від атомних або теплових станцій. Але й вони потребують нагляду та оновлення. Таким чином через те що не мають постійного контролю з боку людини, але вплив природних чинників залишається, зростає ризик падіння кількості виробленої енергії та виходу з ладу деяких частин сонячних панелей. Це відбувається через вплив природних факторів та відсутність нагляду за рівнем забруднення панелей.

У даний час системи контролю та моніторингу бувають двох видів. Перші контролюють кількість виробленої енергії та порівнюють їх між панелями. Другий це безпосередній нагляд людиною. Обидва мають недоліки у виді великих неточностей за рахунок різниці продуктивності панелей, неуважності наглядача та виявлення проблеми на більш пізній стадії.

Таким чином, рішенням проблеми догляду за сонячними панелями є безпосередній догляд за кожним з модулів панелі, тому що усі проблеми починаються від перегріву, який й так присутній та впливає на продуктивність роботи усієї станції. Якщо за допомогою тепловізору проводити порівняння зміни температури кожного модулю панелі, то можливо виявити забруднену панель яка вийде з ладу через перегрів з'яви вшийся за рахунок зростання опору саме на даному модулі. Це є рішенням одразу декількох проблем, перша з яких це проблеми виявлення саме пошкодженого модуля на цілій панелі. Друга проблема яку вирішує цей метод це своєчасний контроль коли пошкоджений модуль виявляється одразу а не під час глибокої перевірки.

Отже якщо створити «дрон» з тепловізером та мікрофоном на борту запрограмований раз на день робити перевірку всіх панелей, у вигляді теплового знімку та записом рівня навколишнього шуму. Можна вирішити проблему нагляду за панелями у важко доступних місцях, порівняння теплових показників які впливають на продуктивність роботи та своєчасний контроль й усунення несправностей. При цьому не потрібно витрачати гроші на постійні виїзні перевірки, та панелі що вийшли з ладу повністю. Тому що перегрів одного модулю тягне за собою пошкодження інших і, в решті решт, фінансові втрати для власника через не своєчасне виявлення проблеми та рідкість виїзду команди догляду.

## **ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТИ ПОЛЬОТУ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО ПРИБОРУ ЗА ДОПОМОГОЮ БАРОМЕТРИЧНОГО НІВЕЛІРУ**

**Зуєв А. О., Караман Д. Г., Денисенко М. А.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Визначення просторового положення і лінійної швидкості об'єкту є однією з першочергових задач для застосування безпілотних літальних пристроїв (БПЛА).

Існує велике розмаїття методів відслідковування просторових координат, напрямку та швидкості руху, а також орієнтації БПЛА, кожен з яких забезпечує певну точність, роздільну здатність та оперативність. Не останнє місце при виборі того чи іншого методу займає вартість виготовлення, впровадження та обслуговування необхідних технічних засобів та програмного забезпечення.

У даній роботі запропоновано метод визначення висоти польоту БПЛА за допомогою системи, побудованої на базі датчиків тиску повітря з функцією барометричної корекції для зменшення впливу неоднорідності атмосферного тиску в зоні польоту, метеорологічних умов та особливостей маневрування БПЛА.

Практичний метод вимірювань, на якому базується запропоноване рішення, спирається на положення про модель стандартної атмосфери (international standard atmosphere) і дозволяє визначити висоту щодо рівня моря  $h$ , знаючи величину локального тиску щодо рівня моря (QNH). Такий метод застосовується для ізотермічної атмосфери, в якій зміна тиску з висотою підпорядковується експоненціальним законом

$$P(h) = P_0 e^{-(h/H)}, H = \frac{k \cdot T}{m \cdot g}, \quad (1)$$

де  $P_0 = 101325$  Па – стандартний тиск над рівнем моря;  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  (мм<sup>2</sup>кг)/(с<sup>2</sup>К) – постійна Больцмана;  $T$  – температура, К;  $m = 4,76 \cdot 10^{-23}$  кг – середня маса атомів атмосфери (для 22% кисню і 78% азоту);  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> – прискорення вільного падіння.

За допомогою барометричної формули (1) можна вирішити будь-яке з трьох завдань:

- 1) приведення тиску одного рівня до іншого (відомі тиск на одному рівні і перепад висот, середня температура шару, знайти тиск на іншому рівні);
- 2) барометричний нівелювання (відомі тиск на двох рівнях і середня температура стовпа повітря, необхідно знайти перепад висот);
- 3) визначення середньої температури шару (відомі тиск на двох рівнях і перепад висот, знайти середню температуру шару).

Для визначення висоти БПЛА в процесі моніторингу становить інтерес саме вертикальна дистанція між двома позиціями  $\Delta h$  (зазвичай між базовою станцією і поточним становищем апарату), яку можна знайти, використавши формулу (1) як рівняння відносно  $h$ .

## СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ЭНТРОПИЙНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА РИТМОГРАММ

Ивашко А.В., Гапоненко И.В.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

При оценке состояния сердца и сердечно-сосудистой системы ключевую роль играет анализ кардиосигналов, в частности, электрокардиограмм (ЭКГ) и ритмограмм (РГ). Под ритмограммой понимается временной ряд значений интервалов между R-зубцами ЭКГ. Проанализировав ритмограмму пациента, можно сделать заключение о степени вариабельности сердечного ритма и диагностировать патологии сердечно-сосудистой системы.

Для выявления патологий разработан целый ряд компьютерно-ориентированных методов анализа ритмограмм, используемых в цифровых кардиографах, холтеровских мониторах, системах телемедицины. К таким методам в первую очередь относятся корреляционный, спектральный и вейвлет-анализ, построение скаттерограмм [1]. Значительное распространение получили в последние годы энтропийные методы анализа ритмограмм [2]. Величина энтропии определяет степень неравномерности сердечного ритма и указывает на различные отклонения от нормального синусового ритма.

Применяется ряд энтропийных оценок, позволяющих отличить нормальную ритмограмму от патологических. Наиболее распространена энтропия Шеннона, определение которой требует, однако, сложных вычислений. Менее трудоемки такие оценки, как приближенная и выборочная энтропии.

С целью выявления наиболее эффективных для диагностики аритмий энтропийных оценок было проведено сравнение различных методов. Обрабатывались фрагменты нормальных и патологических РГ. Затем вычислялись энтропийные оценки для нормальных и патологических РГ и с помощью  $t$ -теста Стьюдента оценивалась значимость различия между выборками.

Эксперимент показал, что наиболее эффективной является энтропия Шеннона, обеспечивающая достоверную диагностику с вероятностью 99,95%, приближенная энтропия обеспечивает вероятность 99,66%, выборочная энтропия – 77%. Таким образом, при наличии достаточных вычислительных мощностей для обработки ЭКГ целесообразно использовать энтропию Шеннона, при микроконтроллерной реализации – приближенную энтропию.

### Литература:

1. Ардашев А.В. Практические аспекты современных методов анализа вариабельности сердечного ритма. / А.В. Ардашев. – М.: ИД «МЕДПРАКТИКА-М», 2011. – 128 с.
2. Haitham M. A. Use of Sample Entropy Approach to Study Heart Rate Variability in Obstructive Sleep Apnea Syndrome. / Haitham M. A.; Alan V. S. // IEEE Trans. on Biomedical Engineering. 2007, Vol. 54, Is. 10, pp: 1900 – 1904.

## **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СЛОЖНОСТЬ ТЕОРЕТИКО-ЧИСЛОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ AVR-МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ**

**Ивашко А.В., Луний Д.А., Зинченко К.В.**

***Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков***

В работе рассматриваются вопросы вычислительной сложности теоретико-числовых преобразований (ТЧП), при использовании в качестве средств реализации AVR-микроконтроллеров.

Эффективность решения задач спектрального и корреляционного анализа в цифровой обработке сигналов во многом определяется как скоростью, так и точностью вычислений. Использование теоретико-числовых преобразований в этих задачах, позволяет быстро рассчитывать корреляцию и свертку на основе вычислительной схемы, рассмотренной в [1].

Сочетание «быстрых» алгоритмов ТЧП над конечными полями и так называемой «китайской теоремы об остатках», позволяет за приемлемое время рассчитывать свертки и корреляции без переполнения и округления.

Для AVR-микроконтроллеров была определена оценка времени выполнения программ обычного и быстрого ТЧП, с различными размерностями при тактовой частоте работы микроконтроллера 4 МГц. Результаты моделирования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Размерность	Время работы, мс		Размер программы, байт	
	ТЧП	БТЧП	ТЧП	БТЧП
16	12	6	497	476
32	35	9	512	507
64	127	15	543	524
128	496	29	579	550
256	1970	61	604	571

Анализ таблицы показывает, что время работы программы быстрого ТЧП существенно меньше, чем обычного ТЧП, что позволяет выполнять микроконтроллерную обработку сигналов с частотами дискретизации до нескольких кГц. Размер программы быстрого ТЧП при этом соизмерим с размером программы обычного ТЧП.

### **Литература:**

1. Ивашко А.В. Оценивание автокорреляционных функций с использованием теоретико-числовых преобразований / Ивашко А.В., Луний Д.А. – Вестник НТУ «ХПИ». – 2005. – № 38 – С. 50-54.



## **АКТУАЛЬНІСТЬ І СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

**Караман Д. Г., Бронніков Н.О., Куканов Д.М.,  
Мєдведєв Б.О., Трухін С.О.**

***Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

Останнім часом все більшого поширення для вирішення завдань локального моніторингу навколишнього простору знаходять безпілотні літальні апарати (БПЛА). Пристрої такого класу вже встигли зарекомендувати себе в багатьох галузях і сферах господарської діяльності, починаючи від фотокартографії і закінчуючи доставкою їжі. Область застосування БПЛА досить широка. Вони можуть здійснювати моніторинг дорожньої ситуації, як у містах, так і на віддалених ділянках, вести контроль за пожежною обстановкою в лісах або за паводковими водами в регіонах і багато іншого.

Серед областей застосування можна виділити:

- 1) спектрозональних зйомка.
- 2) Аерофотозйомка місцевості
- 3) Дистанційний контроль стану нафтопроводів і газопроводів.
- 4) Моніторинг лісових ресурсів.
- 5) Безпілотна охорона.
- 6) Оперативна картографія.

У зв'язку із збільшеною актуальністю даного типу пристроїв виникла ідея створення модульного літального апарату, який забезпечує збір інформації різного роду про навколишнє середовище. Модульна система дозволяє в короткий проміжок часу змінювати конфігурацію пристрою, що забезпечує можливість багатоцільового використання даного апарату, а також значно покращити ремонтпридатність та підняти коефіцієнт готовності систем, що використовують запропоновані БПЛА. Це також дозволяє здешевити обслуговування та спростити і полегшити процедуру налагодження та ремонту у польових умовах. У пристрій входять наступні складові: базова платформа БПЛА, взаємозамінні контейнери з датчиками для збору інформації, наземна станція дистанційного керування, програмне забезпечення для ЕОМ.

### **Література:**

1. Адамов А.П. Аналіз експлуатації мультикоптерів з позиції надійності та безпеки [Електронний ресурс] / А.П. Адамов, А.А. Адамова, Н.В. Герасимов. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-ekspluatatsii-multikopterov-s-pozitsii-nadezhnosti-i-bezopasnosti> (дата звернення: 13.03.2019).
2. Федосєєва Н.А. Перспективні сфери застосування літальних апаратів. [Електронний ресурс] / Федосєєва Н.А., Загвоздкін М.В. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/perspektivnye-oblasti-primeneniya-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov> (дата звернення: 13.03.2019).

## ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ СИГНАЛУ ВИХРОСТРУМОВОГО ДАТЧИКА

Катюха В. С.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Завдання підвищення точності і надійності є найбільш важливою при створенні пристроїв збору і обробки вимірювальної інформації. Її успішне вирішення визначається особливостями вимірювального перетворювача. Для вимірювання переміщення широко застосування знайшли вихроструміві контрольні-вимірювальні модулі.

У даному проекті основою пристрою, що розробляється є мікроконтролер STM32F030F4P6 [1]. Для пристрою розроблено алгоритм роботи (рис.). При подачі напруги живлення, мікроконтролер виходить з стану скидання та приступає до режиму «фазове авто налаштування частоти», запускаються АЦП, блок прямого доступу до пам'яті, УАПП. Програма мікроконтролера переходить в безкінечний цикл та відслідковує виникнення переривань. При виникненні переривання відбувається запуск перетворення АЦП та формування збуджуючого імпульсу через транзисторний ключ в обмотці вихрострумівого датчика.



Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму роботи приладу

В момент виникнення переривання від ПДП всі перетворення АЦП уже закінчились, та всі передачі даних під засобом модуля ПДП також закінчились. Відбувається передача масиву даних. Після закінчення даного переривання мікроконтролер повертається до виконання безкінечного циклу.

### Література:

1. Москатов Е. А. Справочник по полупроводниковым приборам / Москатов Е. А. – М.: Журнал “Радио”, 2005. – 208 с.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕСТОВИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ СВЯЗИ**

**Кондрашов С.И., Григоренко И.В., Павлова Н.Н.**

***Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков***

Проблема реализации методов тестового контроля измерительных преобразователей (ИП) в распределенных измерительных системах сложная задача, так как наблюдается влияние процессов изменения параметров линии связи (ЛС) и есть необходимость временной синхронизации тестовых процедур, которая часто невозможна или затруднительна [1].

При динамическом тестовом контроле рассматриваются процессы изменения двух параметров – амплитуды и времени. Измерение и контроль значения ёмкости линии путем размыкания линии связи со стороны входа (со стороны выхода) позволяет одновременно решить задачу синхронизации, так как приводит к одновременному выходу нормирующего усилителя в режим насыщения за счет отключения сигнала отрицательной обратной связи.

Поскольку в процессе эксплуатации комплексные параметры ЛС меняются вследствие действия внешних факторов, то, зная длительность переходного процесса в ЛС, можно определить момент проведения тестового контроля и, базируясь на анализе тестового воздействия, ввести коррекцию в результат измерения, повышая тем самым точность измерения канала связи.

Первичными параметрами цепи ЛС являются: активное сопротивление; индуктивность; емкость между проводниками; проводимость изоляции между проводами. На первичные параметры ЛС влияет множество факторов, таких, как влажность, температура окружающей среды, цельность кабеля, срок эксплуатации и т.д. Первичные параметры ЛС также зависят от её конструкции и частоты протекающего в ней тока.

Моделированию процесса регистрации и тестовых воздействий каналов измерительной связи в современной программной среде позволяет оценивать возможность реализации вариантов методов тестового контроля, прогнозировать изменение регистрируемых параметров, анализировать их отклонения для выбранной ЛС при заданных условиях и задавать цикл тестовых воздействий. По результатам обработки можно оценивать погрешность регистрируемых сигналов и её динамику роста для каждого рассматриваемого метода.

### **Литература:**

1. Кондрашов С. И. Методи підвищення точності систем тестових випробувань електричних вимірювальних перетворювачів у робочих режимах. Х.: Друкарня НТУ «ХПІ». 2004. 225 с.

## **ПРИЛАД ДЛЯ КОНТРОЛЮ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ З ГЕТЕРОГЕННИМИ СТРУКТУРАМИ**

**Кондрашов С.І., Дроздова Т.В., Чупрін М.П.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Одним з найважливіших завдань харчової промисловості є забезпечення населення якісними харчовими продуктами, зокрема жирами, що олійно-жирової промисловості, що серед підприємств по виробництву харчових продуктів складає 10-13 %. За сучасними уявленнями жири, рівень яких в раціоні повинен складати 30-35 % від загальної калорійності, – це джерело енергетичного і пластичного матеріалу.

Зростаючі вимоги до рівня якості продукції в олійно-жировій галузі обумовили появу сучасніших методів визначення властивостей жирів.

Структурно-механічні властивості речовини пов'язані зі здатністю його змінювати форму, тобто деформуватися під дією прикладеної зовнішньої сили, що перевищує внутрішній опір структури. При контролі механічних властивостей, складних, багатофазних і гетерогенних структур харчових продуктів, в тому числі і жирів, використовують деформації зрушення.

Жири є складною сумішшю гліцеридів жирних кислот, томі їх фізико-хімічні властивості можуть коливатися в порівняно широких межах, а вивчення їх структури достатньо складне. Тверді жири є кристалічною речовиною, причому деякі з них мають властивості поліморфізма. Перехід фаз твердого жиру від одного метастабільного стану до іншого, потім до стабільного супроводжується відповідними змінами структурно-механічних властивостей жиру.

Структура кристалічної частини жиру визначається особливостями технологічного процесу і в першу чергу температурними режимами. Кристал жиру в жировій композиції складається з великого числа молекул, а його розмір залежить від швидкості перемішування і темпу охолодження.

Очевидно, що чим більш упорядкована кристалічна структура жиру та більше число кристалів, тим стійкіша жирова композиція і однорідніші її структурно-механічні властивості.

Методи визначення твердості засновані на вимірюванні деформації випробуваного матеріалу під дією навантаження у стандартних умовах. Для характеристики консистенції жирів у промисловості держав використовується метод, заснований на встановленні величини навантаження необхідного для перерізу дротом зразка жиру, закристалізованого в конкретних умовах.

Також у зв'язку з розробкою вітчизняної нормативної бази виникла потреба у розробці методик атестації та перевірки приладу для вимірювання твердості жирів, які б відповідали вимогам цієї нормативної бази.

## РОЗРОБКА СТРУКТУРИ АЛГОРИТМІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИСТРОЇВ КОНТРОЛЮ І ДІАГНОСТУВАННЯ

Коржов І. М., Мигущенко Р. П., Кропачек О. Ю.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Сучасні засоби контролю та діагностування реалізують, умовно, два етапи перетворення:

– первинного статичного перетворення, при якому з вхідних вимірювальних сигналів, що відображають фізичні властивості об'єкту контролю та діагностування, формується цільова функція;

– вторинного статичного перетворення, при якому з отриманої цільової функції формуються вторинні логічні рішення стосовно стану об'єкту контролю та діагностування.

Для первинного статистичного перетворення в якості цільової функції виступає функція автокогерентності. Для реалізації первинного статистичного перетворення авторами побудована спрощена схема (рис.1).

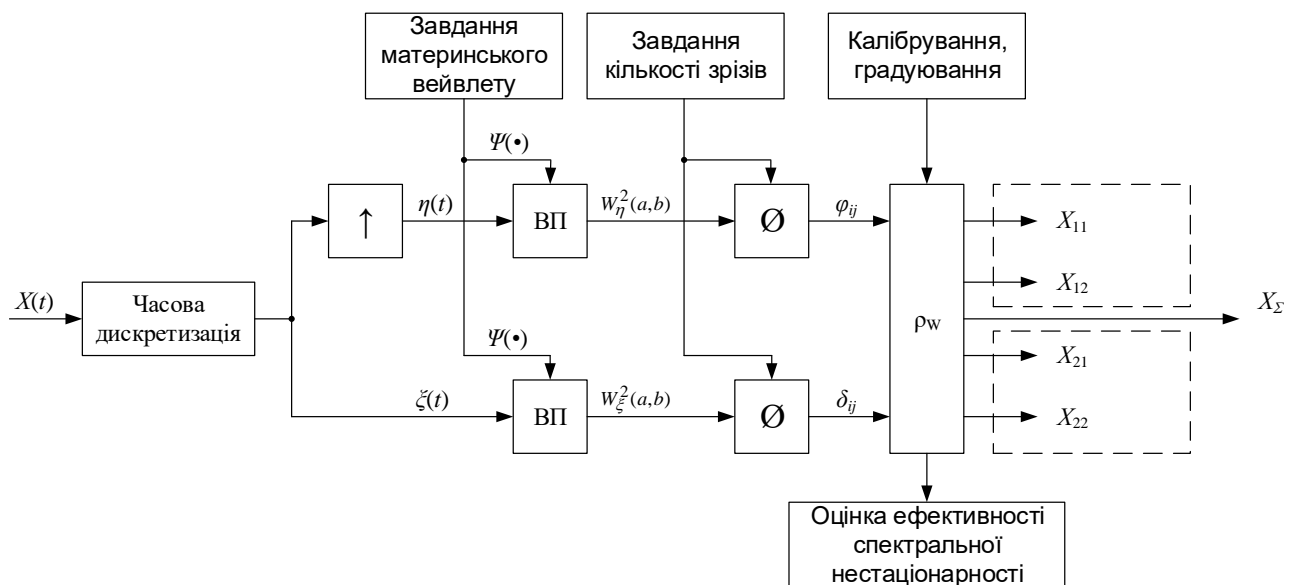


Рисунок 1 – Алгоритм первинного статистичного перетворення

Для вторинного статистичного перетворення вхідними величинами є отримані вихідні показники первинного статистичного перетворення – показники автокогерентності частотно-часові та часо-частотні, а також сумарний показник автокогерентності. На основі зазначених вхідних величин вторинне статистичне перетворення формує діагностичне рішення стосовно стану об'єкту контролю та діагностування.

Для формування діагностичного рішення у вторинному статистичному перетворенні використовується вирішувальна (дискримінуюча) функція. В якості вирішувальної функції для контролю та діагностування технічного стану об'єктів обрано для використання лінійну вирішувальну функцію.

## **ВИМІРЮВАЧ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЖИТНЬОГО КВАСУ**

**Красильник О. Г., Григоренко І. В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

На сучасному етапі розвитку українського виробництва харчових продуктів квас бродіння починає повертати втрачені позиції. При виробництві квасу особлива увага приділяється контролю основних параметрів технологічного процесу, оскільки саме вони визначають якість готової продукції та її конкурентну здатність [1].

Хлібний квас – один з поширених напоїв, що володіє приємним ароматом житнього свіжоспеченого хліба і кислувато-солодким смаком. Він містить різноманітні продукти спиртового і молочно – кислого бродіння, які надають йому освіжаючу дію і специфічний кислуватий смак. Поживна цінність 1 дм<sup>3</sup> квасу складає 1000 – 1170 кДж (240 – 280 ккал). Сировиною для виробництва хлібного квасу служать житній солод, житнє борошно, ячмінний солод, цукор та інші продукти. Основні стадії його виробництва включають: отримання житнього солоду, приготування квасного сусла, зброджування квасного сусла та купажування квасу [2].

На практиці ці процеси здійснюють в апаратах, пристрій яких аналогічний апаратам, що використовуються у виробництві пива і солодових екстрактів.

Об'єктом розробки, що представлена у доповіді, є вимірювач параметрів технологічного процесу виготовлення житнього квасу. До складу вимірювача входять наступні первинні вимірювальні перетворювачі: датчики температури, тиску пару, рівня рН, вмісту алкоголю. У якості мікроконтролера використовується АТmega16.

Вимірювач параметрів технологічного процесу призначений для вимірювань у діапазоні температур від + 2 °С до + 120 °С, тиску пару до 65 кПа, рівня рН у діапазоні: (0 – 8,5) од. рН, вмісту алкоголю до 1,5 %. Похибки вимірювальних каналів не перевищують 1,0 %.

Необхідність розробки такого вимірювача пов'язана з тим, що на протязі усього технологічного процесу виготовлення житнього квасу потрібно ретельно контролювати його параметри, а це можливо лише завдяки створенню цифрового мікроконтролерного вимірювача, здатного працювати у складі системи автоматичного контролю. Своєчасний контроль параметрів технологічного процесу на етапах виробництва є основою для створення високоякісної продукції, що буде конкурентоспроможною з відомими зарубіжними виробниками.

### **Література:**

1. Технологічний процес приготування хлібного квасу [Електронний ресурс]. – Режим доступу : // [https:// studopedia.su /9 \\_59426\\_tehnologiya-virobnitstva-hlibnogo-kvasu.html](https://studopedia.su/9_59426_tehnologiya-virobnitstva-hlibnogo-kvasu.html).
2. Виробництво квасу квасу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: // <http://ua-referat.com>.

## **РОЗВИТОК ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ В КОНТЕКСТІ ПІДГОТОВКИ ІНЖЕНЕРІВ В НТУ «ХПІ»**

**Лавріненко О.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Теоретичні основи електротехніки (ТОЕ) – це одна з основних спеціальних дисциплін для студентів електротехнічного профілю, яка викладалася як окрема дисципліна в Харківському технологічному інституті (ХТІ) з 1931 року, в рамках величезної наукової та методичної роботи, яку провів видатний вчений-електротехнік П.П. Копняєв на початку ХХ століття [1]. Класичний курс дисципліни ТОЕ складався з трьох базових розділів, які дозволяли повністю підготувати студента до розуміння основних електричних явищ, законів їх протікання, методів їх дослідження і розрахунку.

Протягом багатьох років цей курс зазнавав суттєвих змін і перетворень виходячи з вимог в підготовці інженерів і фахівців на різних етапах розвитку наукового і промислового комплексу країни. Слід зазначити, що обов'язковим при вивченні ТОЕ завжди було розуміння, що є лінійні і що є нелінійні кола, принципу суперпозиції і принципу транспозиції, знання часових і частотних характеристик кіл, володіння методом комплексних амплітуд, володіння часовим, частотним і операторним методами аналізу кіл, отриманням первинних знань про синтез кіл, про резонансні явища та ін. [2].

Вивчення ТОЕ завжди вимагало від студента глибокого знання фізики електричних явищ, що, в свою чергу, суттєво розширювало і поглиблювало розуміння фізичної сутності явищ, які використовуються електротехнікою. Тільки завдяки цьому майбутній кваліфікований інженер міг керувати цими явищами, передбачати спрямування їх протікання і направляти їх так, як йому необхідно для вирішення будь-якої прикладної задачі.

В даний час у зв'язку з ростом і бурхливим розвитком інформаційних технологій, на кафедрі теоретичних основ електротехніки НТУ «ХПІ» ведеться дискусія про необхідність модернізації базового електротехнічного курсу для студентів з комп'ютерним напрямом навчання. Викладачами кафедри розглядається необхідність введення в нього розділів, що стосуються комп'ютерного моделювання електричних кіл, яке передбачає знання студентом основ алгоритмізації, програмування, та інших сучасних комп'ютерних дисциплін. Це дозволить студенту, який освоїв курс ТОЕ, виконувати самостійну розробку моделюючих програм, використовуючи спеціальні базові знання за своєю основною спеціальністю, для вирішення прикладних завдань електротехніки на сучасному етапі розвитку цього напрямку.

### **Література:**

1. Тверитникова О. Є. Зародження і розвиток науково-технічної школи електротехніки професора П.П. Копняєва (1885-1950 рр.) : монографія / О. Є. Тверитникова. – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – 212 с.
2. Борисенко А. Н. Кафедра теоретических основ электротехники. 80 лет в ХПИ / А. Н. Борисенко, О. Л. Резинкин, В. П. Самсонов, Е. Е. Тверитникова // *Вісник НТУ «ХПІ»*. – 2011. – № 57. – С. 3 – 8.

## **МЕТОД КОНТРОЛЬНЫХ СУММ ДЛЯ СЖАТИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**Либерг И.Г., Евсина Н.А.**

***Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков***

В системах SoC (System on Chip) при проведении встроенного тестового диагностировании необходимо хранить выходную фактическую последовательность значений для последующего сравнения с эталонной последовательностью, полученную для исправного устройства. Для запоминания эталонных и фактических выходных последовательностей могут потребоваться значительные объемы памяти, которых просто негде взять на кристалле. В связи с этим актуальным является разработка методов сжатия эталонной и фактической диагностической информации об устройстве и соответствующие способы обработки результатов тестового диагностирования.

К ним можно отнести методы, основанные на представлении эталонной информации и результатов тестирования в виде значений функции счета числа тех или иных признаков, содержащихся в выходной последовательности значений сигналов устройства, и получения их сжатых характеристик.

Наиболее часто в качестве таких признаков используются единичные или нулевые значения сигналов, переходы значений сигналов из 1 в 0 или из 0 в 1. Как правило, для устройств, входящих в состав SoC, в качестве тестовых входных воздействий используются исчерпывающие входные последовательности.

Ранее были предложены ряд методов вычисления функций счета, в частности метод контрольных сумм, состоящий в арифметическом сложении хранящегося в регистре предыдущего значения функции счета с текущим. При этом предполагалось, что входная тестовая последовательность является детерминированной, а тестируемая схема имеет один выход.

В нашем методе мы предполагаем, что тестируемое устройство является многовыходным, а входная тестовая последовательность исчерпывающей. В качестве функции счета мы выбираем число единичных значений сигналов в выходной последовательности. Для вычисления числа единиц на выходе тестируемого устройства предлагается использовать специальные устройства для подсчета числа единиц (нулей). Эти устройства применяются в качестве основных элементов для вычисления контрольных разрядов кодов Бергера.

Были разработаны алгоритмы синтеза устройств для подсчета числа единиц (нулей), у которых число входов кратно 2. Это позволило исключить искажение входной последовательности из-за возможных неисправностей самого устройства сжатия и сделать его реализацию самопроверяемой.

Приведены оценки объема сжатой диагностической информации в зависимости от количества входов и выходов тестируемого устройства, а также требования к реализации устройства сжатия.



## **АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МОДУЛЬНИХ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

**Лунін Д.О., Бронніков Н.О., Куканов Д.М., Медведєв Б.О., Трухін С.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Останнім часом все більшого поширення для вирішення завдань локального моніторингу навколишнього простору знаходять безпілотні літальні апарати (БПЛА). Такий пристрій вже встиг зарекомендувати себе в багатьох галузях і сферах господарської діяльності, починаючи від зйомок, закінчуючи доставкою їжі. Область застосування безпілотників досить широка. Вони можуть проводити моніторинг дорожньої ситуації, як міську, так і на віддалених ділянках, вести контроль за пожежною обстановкою в лісах або за паводковими водами в регіонах і багато іншого [1].

Серед областей застосування можна виділити [2]:

1. Спектрозональних зйомка.
2. Аерофотозйомка місцевості
3. Дистанційний контроль стану нафтопроводів і газопроводів.
4. Моніторинг лісових ресурсів.
5. Безпілотна охорона.
6. Оперативна картографія.

У зв'язку із збільшеною актуальністю даного типу пристроїв у різних областях застосування, пропонується створення модульного літального апарату, який зможе забезпечити збір різного роду інформації навколишнього середовища. Модульна система дозволяє в короткий проміжок часу змінювати конфігурацію пристрою, що забезпечує можливість багатоцільового використання даного апарату. У пристрій входять наступні складові: БПЛА, взаємозамінні контейнери з датчиками для збору інформації, наземна станція дистанційного керування, програмне забезпечення для польотного контролера.

### **Література:**

1. Адамов А.П. Аналіз експлуатації мультикоптерів з позиції надійності та безпеки. А.П. Адамов, А.А. Адамова, Н.В. Герасимов – Надійність і якість складних систем. – 2017. – № 3 (19). – С. 86 – 93
2. Федосєєва Н.А. Перспективні сфери застосування літальних апаратів. Н.А. Федосєєва, М.В. Загвоздкін – Науковий журнал № 9 (22), 2017 – С. 26 – 29.

## **СИСТЕМА КОМП'ЮТЕРНОГО МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОВОГО ТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ**

**Любарець В.В., Гурин М.Д., Хомяк Ю.В.**

***Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

На сьогоднішній день спостерігається тенденція інтенсивного розвитку більшості галузей промисловості. Не виняток і енергетика. Особливий прогрес спостерігається у виробництві енергетичного устаткування, як промислового масштабу, так і автономних дизельних генераторів для домашнього використання. Основне призначення енергетичного обладнання - енергопостачання та енергозбереження (в окремих випадках). Тому обладнання повинно мати якісними і технічними характеристиками, які б гарантували безперебійність його роботи.

Актуальність роботи полягає в тому, що для обслуговування такого обладнання та контролю параметрів, потрібні робітники, які б стежили за показниками багато годин на добу та знаходили несправність. Це досить тяжка робота. Дана система дає змогу контролювати параметри обладнання сидючи просто за монітором комп'ютера. При перевищенні параметрів система сигналізує користувачу про вихід параметрів із норми. Це зменшує потребу у великій кількості робітників. За допомогою цієї системи час який потрібен для знаходження несправності зменшується так же як і кількість часу для моніторингу.

Система розроблена в середовищі програмування LabView і складається з 7 блоків. Перший блок служить для вибору порту комп'ютера. Блок 2 активує роботу програми для взаємодії з пристроєм підключеним до вибраного порту. Блок 3 конфігурує послідовний прийом і передачу даних. Основне тіло програми перебувати в нескінченному циклі (поки працює програма). В середині циклу Блоки 4-5 здійснюють запис і зчитування даних з порту. Блок 4 налаштований так що періодично (в циклі) в порт передається код символу (Т) який активує пристрій збору даних. Після цього порт приймає дані. Дані з Блоку 5 у вигляді масиву поступаю на аналізатори граничних рівнів і індикатори поточних значень параметрів. Блок 6 обробляє отриманий сигнал порівнюючи його з граничними значеннями, якщо отримані дані будуть перевищувати або ж навпаки будуть не доходити до позначки мінімум то буде відправлений сигнал на відповідний сигналізатор. Також у цьому блоці отримані сигнали поступають на відповідні індикатори які відображають отриману інформацію на лицевій панелі. Блок 7 Вимикає роботу програми з портом комп'ютера до якого він підключений.

У даній роботі було розроблено систему контролю, розглянуто кожній етап починаючи від блок-діаграми та самих блоків з яких безпосередньо побудована програма, розроблено графічний інтерфейс користувача.

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ВИМІРЮВАЧА ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ХАЛВИ

Носова І. В., Григоренко І. В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У роботі [1] доводиться необхідність контролю параметрів технологічного процесу виготовлення халви. Для передачі даних до ЕОМ використовується інтерфейс RS485. На цей час є актуальним використання, бездротових ліній зв'язку замість дротових. Це суттєво зменшує загальну вартість системи контролю та надає можливість зробити систему компактною. В якості бездротового зв'язку пропонується використовувати систему Wi-Fi з частотою 2,4 ГГц. Структурна схема вимірювача параметрів технологічного процесу виготовлення халви складається із системи збору інформації з передавачем і із системи прийняття й обробки інформації з приймачем (рис. 1).

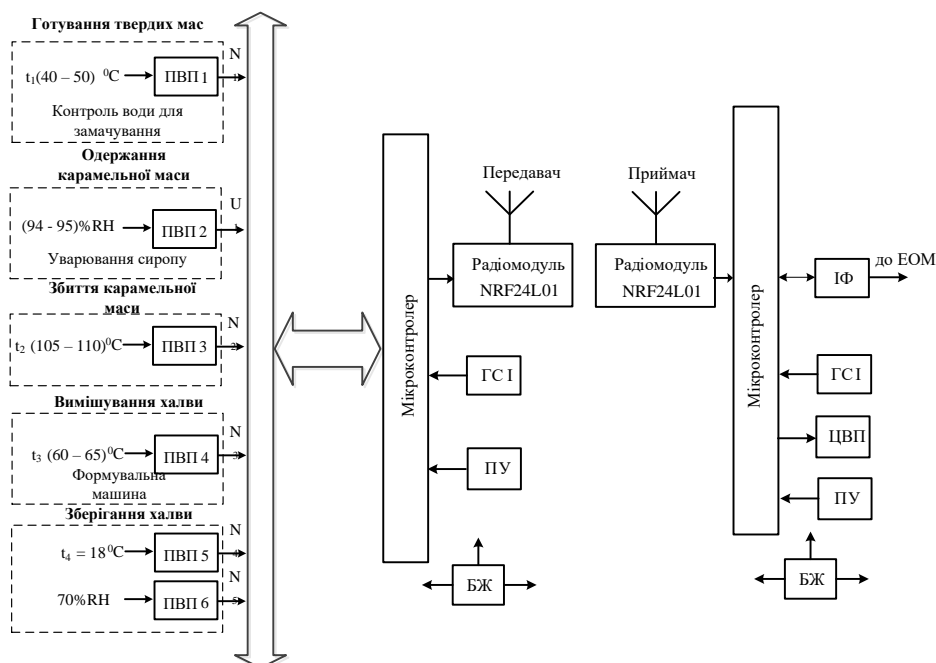


Рисунок 1 – Структурная схема вимірювача параметрів технологічного процесу

Наведена вимірювальна система має шість каналів: чотири канали вимірювання температури з перетворювачами ПВП1, ПВП3, ПВП4, ПВП5; датчик вологості сировини ПВП2; датчик вологості повітря ПВП6, мікроконтролер, генератор синхронізуючих імпульсів (ГСІ), радіомодуль (передавач), пульт управління (ПУ), блок живлення (БЖ). До складу системи прийняття й обробки інформації входять радіомодуль (приймач), мікроконтролер, ГСІ, БЖ, ПУ, цифровий відліковий пристрій (ЦВП).

### Література:

1. Григоренко І. В. Розробка вимірювача параметрів технологічного процесу виготовлення халви / І. В. Григоренко, І. В. Носова // II Міжнародна науково-технічна конференція: Актуальні проблеми автоматики та приладобудування України. – Харків, 2018. – С 202, 203.

## **МЕТРОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ, ОТРИМАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ АВТОМАТИЧНОГО МОСТА**

**Опришкіна М.І., Белова В.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Вимірювальна техніка, як сукупність методів і засобів для отримання достовірної кількісної інформації про характеристики речовин, матеріалів, виробів, технологічних процесів і фізичних явищ – один з вирішальних факторів технічного прогресу у всіх галузях матеріального виробництва. Точність і вірогідність отриманих результатів вимірювань забезпечуються технічними і науковими положеннями метрології – науки про вимірювання, про методи і засоби забезпечення їхньої єдності і способах досягнення необхідної точності [1].

Мостові схеми знайшли широке застосування в електровимірювальній техніці. Вони дають можливість вимірювати параметри електричних ланцюгів. Широке застосування мостових схем пояснюється високою точністю вимірювань, високою чутливістю і можливістю вимірювання різних фізичних величин. Найбільшого поширення для виміру великих і малих величин опорів отримали схеми одинарного і подвійного моста [2].

Мости змінного струму служать для найбільш точного вимірювання параметрів ланцюгів змінного струму в широкому діапазоні частот. За допомогою таких мостів найчастіше вимірюють: ємність, індуктивність, тангенс кута діелектричних втрат діелектриків, коефіцієнт добротності котушок і т.п. Мости розрізняються за кількістю плечей, характером і схемою включення плечей в схему. Оскільки плечі моста змінного струму можуть складатися з різних комбінацій опорів, ємностей, індуктивностей – області їх застосування та можливості використання набагато ширше, ніж у мостів постійного струму. Для найбільш розповсюджених мостів змінного струму межа допустимої відносної основної похибки, за якою нормується клас точності моста, має порядок (0,1–0,2) % для неавтоматичних мостів, (0,5–2,0) % для автоматичних мостів із стрілочним показчиком, (0,01–0,1) % для автоматичних цифрових мостів. Похибки при вимірюванні досягають 1%.

Урівноважування виконують, регулюючи по чергово два елементи схеми: активний та реактивний, що знаходяться в одному або в різних плечах моста, доки будуть виконані обидві умови рівноваги.

Збіжність залежить від схеми моста та від співвідношення активних і реактивних складових частин вимірюваного опору. Міст краще збігається, коли вимірюваний опір складається тільки з активного або тільки з реактивного елементів [3].

### **Література:**

1. Вимірювальні мости змінного струму [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://studopedia.info/4-105943.html>
2. Малиновський В. Н. Цифрові вимірювальні мости / Малиновський В. Н. // Електровимірювальні прилади. – Вип. 18. – С. 18-26.
3. Мости змінного струму. Умови рівноваги. Основні типи мостів змінного струму [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://um.co.ua/2/2-4/2-45158.html>

## **СИСТЕМА ЕКСПРЕС-ТЕСТУВАННЯ ПЛК**

**Павлюк Г.О., Лисенко В.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Програмні логічні контролери використовуються на виробництві для автоматизованого керування процесами. В багатьох процесах ПЛК використовується в інформаційно-вимірювальних системах. Тому питання тестування вимірювальних каналів ПЛК є дуже вагомим. Але дуже часто буває недостатньо часу на якісну перевірку ПЛК.

Цей проект потрібен в першу чергу для перевірки ПЛК «на місці» без додаткового обладнання. Тому проект експрес-тестування програмних логічних контролерів дуже актуальний, адже він дозволяє за короткий час виявити критичні несправності у роботі входних каналів, що як вже згадувалось є дуже вагомим.

Описується розробка програмно-технічного комплексу який дозволяє здійснювати експрес тестування програмних логічних контролерів UNITRONICS на прикладі контролеру «Jazz» JZ10-11-R16, який має наступні характеристики:

1. Інтегрований НМІ з рідкокристалічним дисплеєм на 2 строки по 16 символів та клавіатуру з 15 мембранних клавіш.
2. 10 дискретних входів.
3. 2 аналогових входів з напругою 0-10 В.
4. 6 дискретних релейних виходів.
5. Вбудований годинник реального часу.
6. Підключення до ПК здійснюється через порт RS232/RS485.

До складу системи входять: ПЛК який проходить тестування, джерело живлення ПЛК, джерело опорної напруги ДОН, прецизійні резистори - подільники напруги та спеціальне програмне забезпечення. При значенні опорного резистора R1, R3 – 1 kOm, а R2 – 2 kOm завдяки можливості комбінування включенням реле P3-P6 стає можливим створення тестової напруги на аналогових входах AI0, AI1 значенням 100, 75, 50, 25 і 0 % від значення опорної напруги. Базове значення опорної напруги прийняте рівним 10 В, що відповідає верхньому значенню вимірювальної напруги.

Програмний код для комплексу експрес-тестування було створено за допомогою програмного забезпечення Unitronics U90 Ladder, що використовується для створення програм НМІ (Human-machine interface, Інтерфейс людина-машина).

При необхідності ведення протоколу тестування, ПЛК підключають до ПК за допомогою перетворювача інтерфейсу RS232-USB.

Дана система дозволяє оперативно протестувати аналогові входи і релейні виходи контролерів на етапах виготовлення ПЛК і введення їх в експлуатацію.

## РЕЗУЛЬТАТИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЦИФРОВОГО ОСЦИЛОГРАФУ

Пашук Я. Ю., Балєв В.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У попередній роботі [1] було описано послідовність дій для удосконалення розробленого осцилографу. Планувалося розширити діапазон частоти вхідного сигналу розробленого осцилографу до 100 кГц для можливості дослідження різноманітних сигналів. Також розширити максимальну напругу до  $\pm 200$  В. Для збільшення швидкості передачі даних планувалося використовувати Wi-Fi-інтерфейс.

Проводилися роботи для надання можливості підключення осцилографу окрім смартфона ще й до комп'ютеру за допомогою середовища розробки та платформи для виконання програм LabVIEW, для подальшого використання монітору комп'ютеру в якості екрану для спостереження сигналів та розширювання функціоналу осцилографу при виникненні у оператора потреби на виконання приладом тієї чи іншої функції.

Планувалося розробити схему електричну принципову осцилографу, складальне креслення та розвести друковану плату за допомогою програми Р – САД, а для підвищення компактності і зручного використання осцилографу розробити для нього корпус.

У результаті проведених робіт удосконалений осцилограф можна підключити до комп'ютеру за допомогою середовища розробки та платформи для виконання програм LabVIEW, виконувати операції з обробки даних, що надходять з виходу каналів, а саме, визначення періоду і частоти сигналу, мінімального і максимального, амплітудного, верхнього і нижнього значення сигналу, скважності сигналу, часу наростання, часу спаду, позитивного коефіцієнту заповнення, негативного коефіцієнту заповнення, також виконувати функцію реєстрації та архівації інформації.

Для удосконаленого осцилографу було розроблено схему електричну принципову, складальне креслення, розведено друковану плату за допомогою програми Р – САД та розроблено корпус. Для збільшення швидкості передачі даних було замінено Bluetooth модуль HC-06 Wi-Fi модулем ESP8266 [2]. Також було розширено діапазон частоти вхідного сигналу осцилографу до 100 кГц і максимальну напругу до  $\pm 200$  В, за допомогою зміни коефіцієнту вхідного дільника напруги.

### Література:

1. Пашук Я.Ю. Удосконалення цифрового осцилографу / Я.Ю. Пашук, В.М. Балєв // Актуальні проблеми автоматики і приладобудування: матеріали Міжнарод. наук.-техн. конфер., 06-08 грудня 2018 р. – Х. : ФОП Панов А. М., 2018. – 248 с., 204 – 205 с.
2. Космодром – электронные компоненты для разработки и производства: [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.kosmodrom.com.ua>.

## ДРАЙВЕР УПРАВЛІННЯ КРОКОВИМИ ДВИГУНАМИ НА МК ATMEGA8

Перебийніс В.Л.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Нині електропривод є конструктивною єдністю електромеханічного перетворювача енергії (двигуна), силового перетворювача і облаштування управління. Двигун забезпечує перетворення електричної енергії в механічну. Розробка високопродуктивних, компактних, економічних систем приводу є пріоритетним напрямом розвитку сучасної техніки.

Зростання міри інтеграції в мікропроцесорній техніці і перехід від мікропроцесорів до мікроконтролерів зі вбудованим набором спеціалізованих периферійних пристроїв, зробили безповоротною тенденцію масової заміни аналогових систем управління приводами на системи прямого цифрового управління.

У даному проекті основою пристрою, найбільш підходить мікроконтролер ATmega8. ATmega8 – малопотужний CMOS 8-розрядний мікроконтролер заснований на архітектурі AVR RISC. Застосування в схемі мікроконтролера дозволяє відмовитися від необхідності використання великої кількості елементів, що замінює його, також застосування мікроконтролера зменшує габарити схеми і споживану енергію, при цьому підвищуючи надійність схеми. Схема електрична структурна зображена на рис.1.

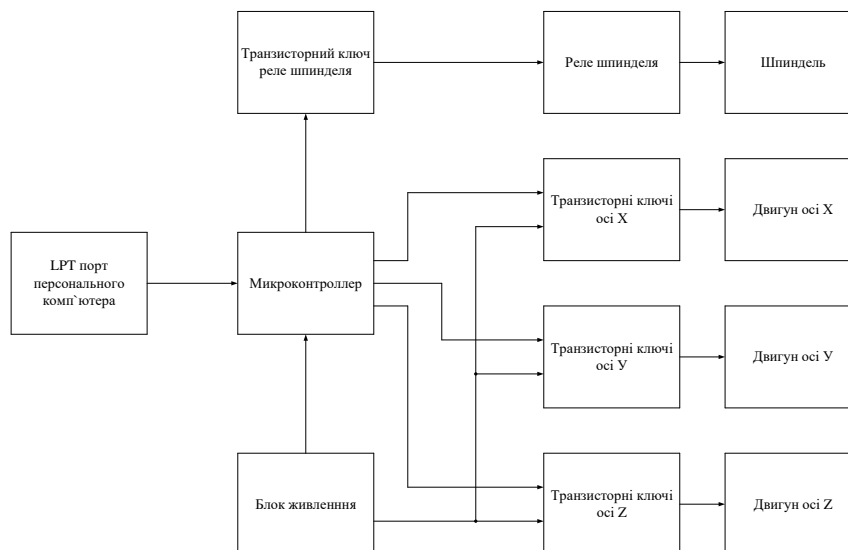


Рисунок 1 – Структурна схема приладу

З LPT порту сигнал йде на мікроконтролер, який обробляє сигнал і відправляє його на певний транзисторний ключ. Після проходження сигналу транзисторних ключів він подається на двигун.

### Література:

1. Москатов Е. А. Справочник по полупроводниковым приборам / Е. А. Москатов – М.: Журнал “Радио”, 2005. – 208 с.

## ПРИСТРІЙ ДИСТАНЦІЙНОГО ПЕРЕЗАВАНТАЖЕННЯ СЕРВЕРУ НА ОСНОВІ GSM КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ

Позняков В.О., Ноздрачова К.Л.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

З плином часу з'являється все більше пристроїв дистанційного керування, які набувають популярності серед різних галузей. Пристрій даного проекту є один з різновидів таких пристроїв.

Актуальність теми полягає в тому, що для обслуговування та профілактичних робіт підприємству потрібен штат робітників, які повинні при необхідності бути в безпосередній близькості до самого сервера та перезавантажувати його вручну. Це досить затратний процес. Даний пристрій дає змогу перезавантажувати різноманітні сервери на відстані за допомогою мобільного зв'язку. Це дуже зручно, бо в наш час мобільний телефон є у майже всіх людей, різного вікового сегменту. Це зменшує потребу у великій кількості обслуговуючого персоналу та полегшує їхню роботу, також у значній мірі зменшує витрати.

Прилад працює від звичайного живлення 220В споживча потужність 10Вт, складається з декількох модулів, які з'єднані за допомогою реле та спеціальних дротів. Для його роботи необхідно лише під'єднати до сервера та увімкнути у мережу.

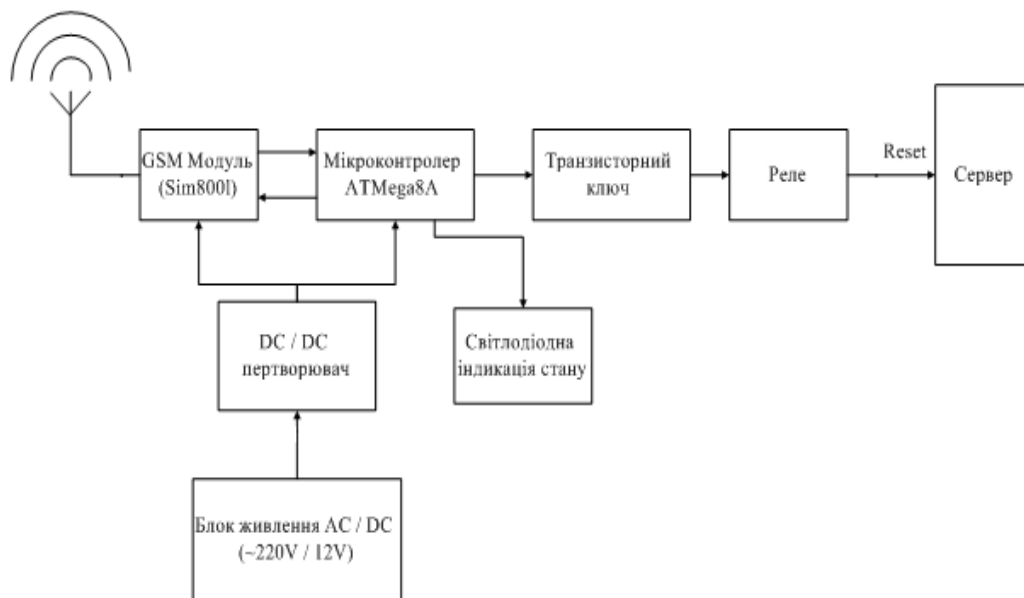


Рисунок 1 – Структурна схема приладу

### Література:

1. Позняков В.О. Прилад дистанційного перевантаження серверу за допомогою GSM каналу зв'язку: дипл. робота / В. О. Позняков. – Харків, 2018. – 60 с.
2. Радиосвязь [Текст] / О.В. Головин, Н.И. Чистяков, В. Шварц, И.Х. Агиляр / под ред. проф. О.В. Головина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. — 288 с.



## **ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СИСТЕМА КХ ДІАПАЗОНУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕГЕНЕРАЦІЇ СОРБЕНТІВ**

**Римар С. І., Кубрик Б. І., Зуев А.А.**

***Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків***

Робота присвячена створенню системи для вимірювання параметрів сорбентів і їх регенерації, що забезпечує збільшення циклів і якості регенерації сорбентів використанням технології, в якій в якості джерела енергії для нагріву сорбентів в процесі їх висушування і дегазації використовується електромагнітне поле (ЕМП), що взаємодіє з речовиною сорбенту, що характеризується для ЕМП комплексною діелектричною проникністю.

Завдання досліджень:

- дослідження можливості регенерації сорбентів шляхом впливу на них ЕМП;
- дослідження можливості вимірювання параметрів сорбентів шляхом впливу на них ЕМП;
- перевірка адсорбційної здатності до і після регенерації;
- проведення експериментальних досліджень розподілу температури в адсорбері в залежності від режимів регенерації;
- проведення експериментальних досліджень можливості попередньої підготовки сорбенту після тривалого зберігання і транспортування;
- проведення експериментальних досліджень динаміки регенерації сорбенту після очищення масла від заданої кількості вологи.

Наукові результати, висновки і рекомендації полягають в наступному:

- проведено аналіз поведінки сорбентів в ЕМП ВЧ;
- показано, що для нагрівання речовин, у яких  $|\epsilon'| \ll |\epsilon''|$ , найбільш ефективним є ВЧ діапазон ЕМП;
- показана можливість регенерації сорбентів в ВЧ ЕМП за рахунок об'ємного нагріву речовини;
- показана можливість збільшення кількості циклів використання сорбенту за рахунок неруйнівного нагріву.

### **Література:**

1. Technology and equipment for fast oil and adsorbent regeneration with application of high-power HF electromagnetic field // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових праць. Серія: Радіофізика та іоносфера. – 2014.– № 47. – С. 69–73.
2. Кивва Ф.В., Горобец В.Н. и др. Новые технологии обработки сорбентов // Новини енергетики. – 2003.– № 1–2.– С. 26–31.

## СХЕМА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЦАП

Смолін Ю.О., Абрамян О.А., Лозовицький А.В.,

Тохташ В.Д., Харітонов Т.В.

*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Мікросхеми ЦАП, навіть ті, що випускаються промисловістю у вигляді ВІС в більшості випадків не є функціонально закінченими перетворювачами і не піддаються на заводі виробника атестації та перевірки. Це саме можна сказати і до ЦАП реалізованим на дискретних елементах або на мікросхемах і які є функціонально закінченими перетворювачами. Тому, визначення їх параметрів і характеристик завжди є актуальним питанням.

Відомо, що параметри ЦАП підрозділяються на статичні і динамічні.

Динамічні параметри ЦАП визначають його швидкодію. Найбільш важливим динамічним параметром є час встановлення вихідного сигналу - час від моменту зміни коду на входах ЦАП до моменту, коли значення вихідний аналогової величини відрізняється від тій, що установилася, на задану величину.

Найбільш поширеним методом визначення часу встановлення вихідного параметра є осцилографічний, але при встановленні швидкодії багаторозрядних ЦАП (більше 10 розрядів) чутливість осцилографічних пристроїв недостатня і застосовують цифрові методи вимірювання. Нами запропонована схема вимірювача часу встановлення ЦАП, що працює компараторним методом і яка наведена на рис.1.

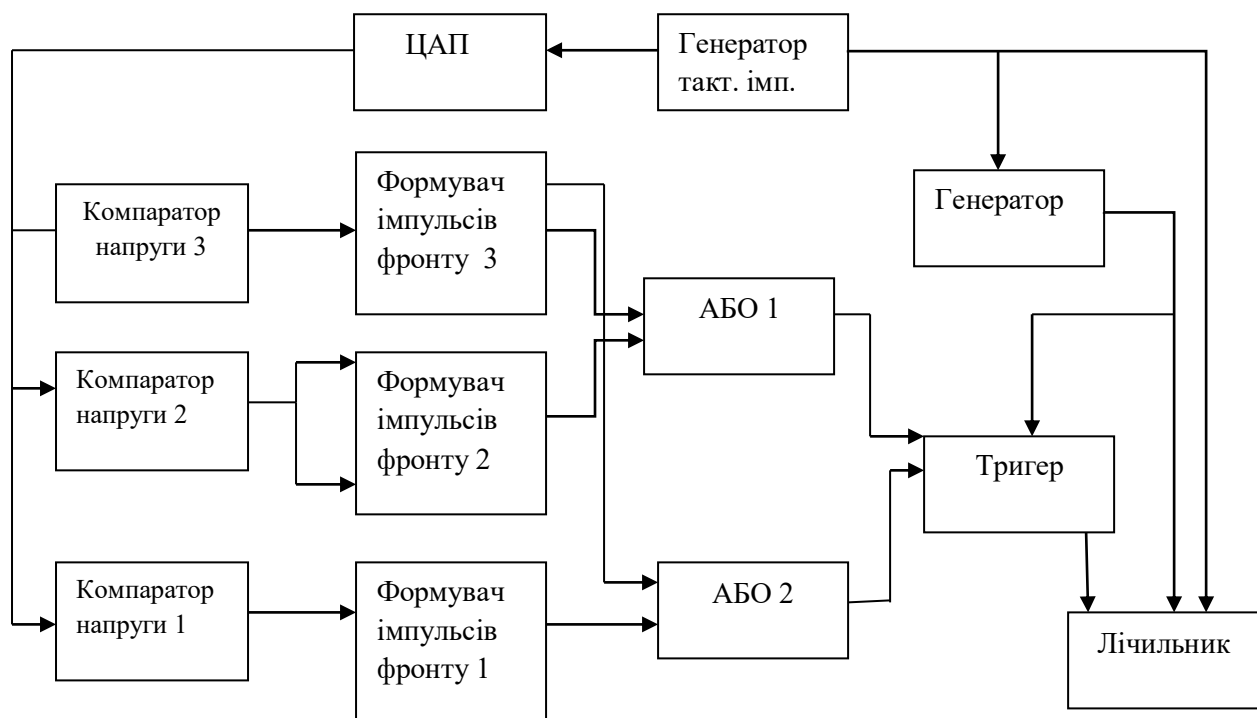


Рисунок 1 – Схема вимірювача часу встановлення ЦАП, що працює компараторним методом

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ЦАП

Смолін Ю.О., Варченко А.С., Сокольников В.Д., Тохташ В.В., Харітонов Т.Д.  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У більшості комп'ютерних та радіоелектронних систем використовується як аналого-цифрове, так і цифро-аналогове перетворення сигналів. Тому на кафедрі КРСКД був розроблений макет для дослідження різних типів паралельних ЦАП, що дозволяє визначати цілий ряд його параметрів.

Найбільш важливими параметрами ЦАП є точність і швидкодію. Точність ЦАП визначають за допомогою допоміжних параметрів з характеристики перетворення ЦАП. Сукупність значень вихідний аналогової величини  $x_i$  в залежності від значень вхідного коду  $\alpha_i$  називають характеристикою перетворення (ХП). Зазвичай ЦАП мають лінійну характеристику перетворення. В системі координат код - вихідна аналогова величина ХП зображується прямою, розташованою під деяким кутом до осі абсцис. Дуже часто характеристику перетворення зображують ступінчастою лінією, що підкреслює дискретність зміни як значення коду, так і вихідний аналогової величини.

На ХП можна виділити характерні точки і ділянки. Перш за все це початкова і кінцева точка ХП, які визначаються початковим і кінцевим значенням вхідного коду, а також початкову, середню і кінцеву ділянку ХП.

Реальна ХП ЦАП може значно відрізнятися від ідеальної. Ці відмінності полягають в неідентичності кроків квантування, в розташуванні ХП щодо осей координат, у відхиленні ХП від прямої, та ін. Невідповідність номінальної (ідеальною для конкретної реалізації ЦАП) і дійсної характеристик перетворення саме й визначає точнісні параметри ЦАП: напругу зсуву нуля; відхилення коефіцієнта перетворення від номінального значення; нелінійність (інтегральну нелінійність); диференціальну нелінійність; зону невизначеності напруг межкодових переходів; монотонності ХП.

Нелінійність ЦАП – відхилення дійсного значення вхідної напруги, відповідного заданій точці ХП, від значення що визначається по лінеаризованій ХП в тій же точці. Цей параметр характеризує відхилення центрів сходінок дійсної ХП від прямої лінії, апроксимуючої номінальну ХП.

Диференціальна нелінійність ЦАП - відхилення дійсних значень кроків квантування ХП від їх середнього значення.

Проведене експериментальне дослідження, розробленого і виготовленого на кафедрі КРСКД лабораторного макета, до складу якого входять три різних схеми ЦАП, показали, що:

1) нелінійність ХП не перевищує: на початковій ділянці 0,7 ОМР; на середній ділянці 0,37 ОМР; на кінцевій ділянці 0,85 ОМР.

2) диференціальна нелінійність ХП не перевищує: на початковій ділянці 0,65 ОМР; на середній ділянці 0,28 ОМР; на кінцевій ділянці 0,88 ОМР.

## **СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ПРИ СТВОРЕННІ ЛАБОРАТОРНОЇ БАЗИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ВУЗЛІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ**

**Смолін Ю.О., Гончаров А.С., Катихов Д.В., Колесников К.В., Піман М.М.**

*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

На кафедрі КРСКД ведеться підготовка фахівців з комп'ютерних та радіоелектронних системам контролю і діагностики. У зв'язку з цим на кафедрі читається ряд дисциплін тісно пов'язаних з цифровою схемотехнікою. При цьому обсяг лабораторного практикуму з цих дисциплін досягає 96 аудиторних годин. Тематика робіт постійно вдосконалюється і лабораторна база поповнюється новими лабораторними макетами. Це викликає необхідність реалізовувати новостворювані лабораторні макети задовольняючими певним загальним систематизованим вимогам.

При виборі об'єкта дослідження виходять з двох основних вимог: по-перше, щоб об'єкт був широко поширеним вузлом або елементом комп'ютерних систем і, по-друге, щоб макет дозволяв досліджувати кілька типів або різновидів об'єкта дослідження.

Так, наприклад, при дослідженні кодуєчих пристроїв макет дозволяє досліджувати такі функціональні цифрові вузли як шифратори, дешифратори, мультиплексори, демультимплексори. При дослідженні регістрів розглядаються і послідовні і паралельні регістри, що виконуються як на окремих триггерах, так і на функціонально закінчених мікросхемах.

Принципові схеми всіх зазначених макетів містять в собі багато однотипних вузлів. Це обов'язково: задатчик логічних рівнів, блок індикації, а також пристрої комутації.

Конструктивно всі лабораторні макети виконані у вигляді однакових панелей розміром 370x240 мм, що встановлюються в стаціонарні стенди, оснащені блоками живлення, вимірювальними приладами та осцилографами.

Макет являє собою тришарову структуру, основою якої є гетинаксова панель товщиною 3-4 мм, на якій монтуються друковані плати, окремі елементи і органи управління. Із зовнішнього боку на панелі кріпиться аркуш паперу з принциповою схемою, а зверху все закривається прозорим листом оргскла.

Вхідна і вихідна інформація реєструється і візуально відображається або за допомогою світлодіодів, або у вигляді часових діаграм роботи цих вузлів, фрагменти яких можна спостерігати за допомогою осцилографа.

Саме такі систематизовані вимоги враховуються авторами при виготовленні лабораторних макетів для дослідження цифрових вузлів комп'ютерних та радіоелектронних систем.

## РЕАЛІЗАЦІЯ ЛІЧИЛЬНИКІВ ЗА ДОВІЛЬНОЮ ОСНОВОЮ

Смолін Ю.О., Коваленко А.О., Коломацький Р.М.,

Лук'яненко С.Є., Мусат О.Е.

*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У комп'ютерних і радіоелектронних системах контролю і діагностики часто виникає необхідність мати лічильники з модулями перерахунку (основою)  $K$ , не тільки кратними цілій степені двійки, а й з довільними основами, наприклад, 10, 60, 24, 7 та ін. Саме тому на кафедрі КРСКД розроблений і виготовлений лабораторний макет для дослідження лічильників з різними типами зв'язків і різними основами.

На базі готових лічильників в макеті, лічильник за довільною основою можна побудувати двома способами, як це показано на рис. 1:

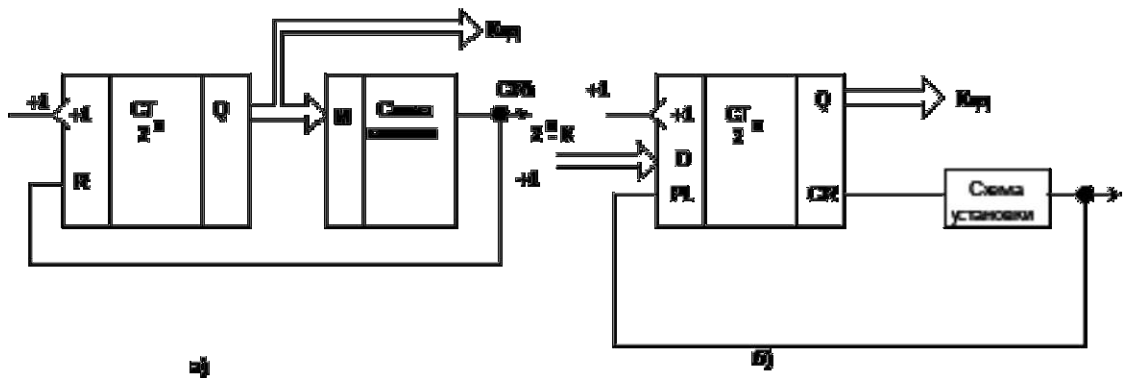


Рисунок 1 – Структурні схеми лічильників

1. Двійковий лічильник розрядності  $n$ , такий щоб  $2^n$  було більше  $K$ , доповнюється елементом І, який по станам виходів  $Q$  виявляє код рахунку (зазвичай  $K - 1$ ), після чого по ланцюгу  $R$  скидає лічильник в нуль. Структурна схема, яка реалізує цей спосіб показана на рисунку 1.а). Сигнал, що скидає лічильник, одночасно є і сигналом  $K$ -ічного перенесення  $CR_K$ . Переваги методу: природна двійкова послідовність кодів від 0 до  $K - 1$ ; використання зазвичай наявного в лічильниках входу  $R$ .

2. Другий спосіб ілюструє рисунок 1.б). Двійковий лічильник перед початком рахунку по тракту паралельного завантаження завантажується кодом доповнення числа  $K$  до  $2^n$ . Кодом кінця рахунку в цьому випадку є природне переповнення лічильника. Одиниця, що з'являється при цьому на виході штатного тракту перенесення виробляє сигнал  $CR$ . Сигнал  $CR$ , впливаючи на вхід  $PL$ , керуючий паралельним завантаженням, знову встановлює в лічильнику доповнення  $K$  до  $2^n$ . Гідність способу – використання штатного тракту перенесення і наявних у багатьох лічильниках входів паралельного завантаження, а й також можливість легкої зміни основи перерахунку.

## ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ ЦИФРОВОЇ ОПТИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Смолін Ю.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

При проведенні розрахунків і досліджень в процесі оптимізації структури оптичної мережі перенесення мереж доступу телекомунікаційних систем у всіх випадках повинні бути задані:

- розташування абонентського цифрового концентратора (АЦК) і цифрової АТС (АТСЦ) на місцевості району, що телефонізується ;
- відстані між АЦК, а також між АЦК і АТСЦ, які задаються матрицею відстаней  $\|C\|$ :

$$\|C\| = \begin{vmatrix} \infty & C_{12} & C_{13} & \dots & C_{1j} \\ C_{21} & \infty & C_{23} & \dots & C_{2j} \\ C_{i1} & C_{i2} & \dots & \dots & \infty \end{vmatrix},$$

де  $C_{ij}$  – відстань між вузлами  $i$  та  $j$ .

Також задані:  $Y$  варіантів топології мережі перенесення;  $L$  типів систем передачі;  $K$  типів оптичних передавачів (ОП);  $V$  типів систем технічного обслуговування мереж даних (ТО СД);  $J$  типів організації підключень малих виносів (з ОМВ або без нього).

Таким чином, задана деяка допустима множина  $F$  варіантів структури мереж перенесення (МП)  $\vec{f}^*$ , що відрізняються топологією і типами: волоконно-оптичної системи передачі (ВОСП), оптичних передавачів, конструктивною реалізацією обладнання АЦК, типами підключення малих виносів.

Необхідно визначити вектор  $\vec{f}^*$  структури мережі перенесення, що мінімізує цільову функцію:

$$\Pi(\vec{f}^*) \rightarrow \min,$$

де  $\vec{f}^* \in F$ , при виконанні обмежень:

- 1) на якість обслуговування викликів:

$$P_H \leq P,$$

де  $P_H$  – середня ймовірність невдалої спроби виклика абонента мережі перенесення;  $P$  – деяке апріорно задане порогове значення ймовірності невдалої спроби виклика абонента мережі;

- 2) на допустимі значення довжин ділянок регенерації при використанні різних типів ОП:

$$l_{ij} < L,$$

де  $l_{ij}$  – довжина ділянки лінії між  $i$  та  $j$ ;  $L$  – максимально допустима довжина ділянки регенерації застосовуваного типу ЦСП;

- 3) на стійкість до заданих руйнівним діям і відмов;

- 4) на підтримку мережею подальшої еволюції системи електрозв'язку регіону, що телефонізується.

## РОЗРОБЛЕННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВА КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

Тверитникова О.Є., Демідова Ю.Є., Хіхло В.Ю.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

На сучасному етапі розвитку виробництва найбільш ефективнішим способом управління є впровадження інтегрованої системи управління. Безумовно, пріоритетним для підприємства є системи управління якістю, але не менш важливе значення мають проблеми екології, безпеки умов виробництва. Порівняльний аналіз результативності впровадження інтегрованих систем свідчить про популярність цих заходів на підприємствах Європи. Зокрема, за даними національних організацій зі стандартизації впровадження інтегрованих систем зростає. Зокрема, для проведення стабільного бізнесу у компанії IBM для комплексної перевірки корпоративної політики у сфері охорони навколишнього середовища та безпеки продукції використовують стандарт ISO 14001. У результаті була створена ефективна система управління навколишнім середовищем – EMS, що сприяло успіху економічної політики IBM.

Запропонована схема інтегрованої системи якості для підприємства з виробництва контрольно-вимірювальних приладів, що є складовою всієї системи управління підприємства (рис.1). До системи входить три адаптовані системи управління, що відповідають вимогам міжнародних стандартів (рисунок). Сукупність цих стандартів є організаційно-методичною основою створення інтегрованої системи управління: ISO 9001 – система управління якістю, ISO 14001 – система екологічного управління, OHSAS 18001 – система управління гігієною та безпекою праці. Невід'ємною складовою процесу є використання у комплексі процесного та системного підходу. Застосування адитивної моделі та моделі одночасного інтегрування дало змогу при поступовому впровадженні створити єдину систему управління на основі вимог різних стандартів та значно зменшити обсяг документації.

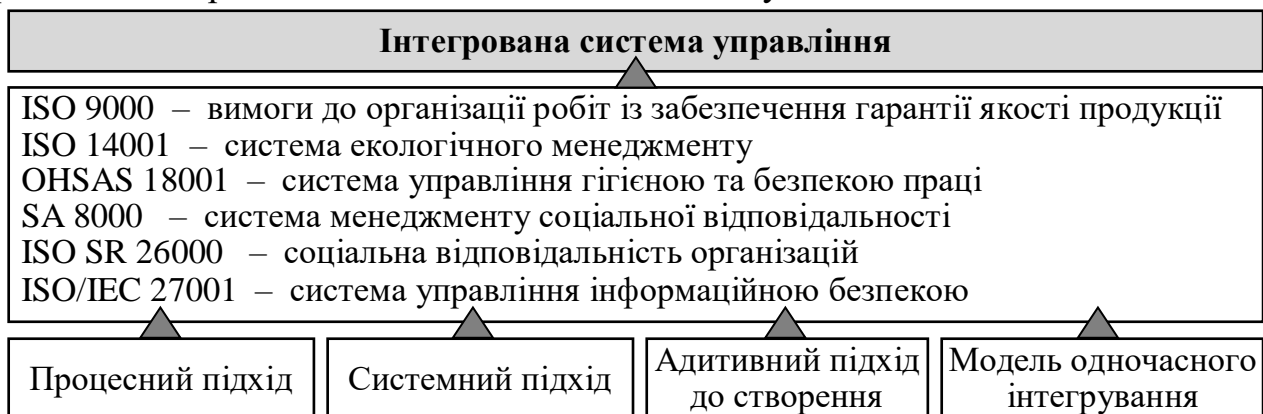


Рисунок 1 – Схема інтегрованої системи управління підприємства

Отже, розроблення і впровадження на підприємстві інтегрованої системи управління надає деякі переваги, зокрема підвищення загальної конкурентоспроможності продукції та адаптації до ринкових умов, формування екологічної політики, та підходів до ефективного використання ресурсів.



## **РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО НУТРОМІРУ**

**Тополов І. І., Заморський В.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Значну частку серед операцій промислового контролю займає контроль геометричних розмірів. Особливо велика ця частка в галузях промисловості, пов'язаних з металообробкою – в першу чергу, в машинобудуванні, автомобільній та авіаційній промисловості.

Вимірювання розмірів отворів - процедура складніша, ніж вимір зовнішніх розмірів бо виникає необхідність дотримувати задані жорсткі допуски, геометрії вимірювального наконечника, який повинен бути розроблений таким чином, щоб проникнути всередину вимірюваного отвору [1].

Науково технічний прогрес диктує більш високі вимоги для ЗВТ у галузі прецизійного розмірного контролю, які найбільшою мірою задовольняються засобами та системами безконтактного контролю побудованими на базі таких методів як: оптико-електронних, інтерференційних, тіньової проекції, триангуляційних та дифракційних. Найбільш досконалі оптико-електронні системи пропонують фірми "Micro Epsilon" (США), "Laser Components" (Німеччина), "Acuity Research" (США), "Keyence" (Великобританія). Подібні системи забезпечують найбільш точні вимірювання, однак практично не придатні для прямих вимірювань, оскільки вимагають наявності спеціальних відбивачів, закріплених на вимірюваному об'єкті, та зазвичай застосовуються при контролі переміщень прецизійних столів різних верстатів і механізмів.

Системи розмірного контролю на основі контактних датчиків, наприклад Hexagon Metrology TESA (Швейцарія), чи Mitutoyo (Японія), також мають свої вади, бо вимагають значних витрат часу на переналаштування у наслідок зносу вимірювального інструменту. Але у сегменті ціна-якість, оптико-електронні засоби розмірного контролю будуть відставати, бо перенос амортизаційної ціни обладнання на ціну виробу буде йти не на їх користь.

Таким чином обираємо базову конструкцію триточкового контактного нутроміра - це самоцентрувальні нутроміри з трьома вимірювальними опорами, розташованими під кутом 120 градусів, що робить вимірювання надійними, вільними від помилки установки нутроміра по лінії вимірювання. У якості перетворювача переміщення-частота обираємо індуктивний датчик, ввімкнений у частотоподавальне коло вимірювального генератора бігенераторного перетворювача [2,3].

### **Література:**

1. Чудов В.А. Размерный контроль в машиностроении / Чудов В.А., Цидулко Ф.В., Фридгейм Н.И. // М.: Машиностроение, 1982. – 328 с.
2. Полулях К.С. Бигенераторный микропроцессорный профилометр / Полулях К.С., Тополов И.И. Медведева Л. А. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, №4, 2004 С. 107-109.
3. Полулях К.С. Бігенераторні мікропроцесорні вимірювальні перетворювачі. / Полулях К.С., Тополов І.І. // Український метрологічний журнал, №2, 2004, С. 46-50.



## **СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ ВОДИ В МОЛОЦІ**

**Тополов І. І., Приходько В.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Молоко і молочні продукти є цінними продуктами харчування тваринного походження. Однак слід пам'ятати, що молоко, отримане від хворих тварин, може бути джерелом зараження людини зооантропонозними хворобами, крім того, при порушенні санітарних правил і технології отримання і переробки і зберігання молока і молочних продуктів вони можуть стати причиною харчових токсикозів і токсикоінфекцій. Тому однією з базових завдань ветеринарної служби є правильна організація ветсанекспертизи молока з метою контролю його якості та безпеки на всіх етапах (отримання, транспортування, переробка, зберігання і реалізація) [1]. Порядок проведення ветсанекспертизи молока і молочних продуктів визначено діючими нормативними документами. Цей нормативний документ регламентує питання якості та безпеки молока, і методи їх контролю, а також правила приймання і маркування цього продукту [2].

Ринок аналізаторів якості молока, (одна з характеристик якості це як раз присутність у ньому зайвої води), представлений такими приладами як: Аналізатор молока АКМ 98 СТАНДАРТ (Україна, Болгарія), Milkotester Master (Болгарія), Термоскан міні (Росія) та інші. Виробники наведених приладів гарантують високу точність контролю, контроль характеристик проби молока по багатьом параметрам, таких як: вмісту жиру, білку, СОМО, щільності, точки замерзання, кислотності (рН), кислотності (градуси Тернера), питомої електричної провідності, тощо. Але одне не тішить споживача – ціна, бо кожна з цих систем коштує, у середньому, від трьох до восьми тисяч доларів. Спроба зробити ціну приладу більш доступною спонукало авторів зайнятися цим проектом.

Аналізатори якості молока побудовані з використанням одного з двох методів, ультразвукового та кріоскопічного. Так як ми обрали прототипом кріоскопічний метод, коротко пояснимо його роботу.

Принцип дії кріоскопів заснований на точному вимірі температури фазового переходу при замерзанні досліджуваного розчину. При додаванні розчинних домішок точка замерзання знижується. Так як точка замерзання натурального молока – величина порівняно постійна, то по її варіації можна судити про ступінь його розведення водою або про можливу фальсифікацію різними добавками [3].

### **Література:**

1. Горюк Ю.В. Якість та безпека молока сирого, заготовленого в молочних кооперативах і збірних пунктах, залежно від їх технологічного оснащення / Ю. В. Горюк, М. Д. Кухтин, Ю. Б. Перкій та ін. // Науковий вісник ветеринарної медицини. – 2015. – №1. – С. 112–117.
2. ДСТУ 2661:2010. Молоко коров'яче питне. Загальні технічні умови. Чинний з 11.10.2010.
3. ДСТУ ГОСТ 30562:2003 Молоко. Визначення точки замерзання. Термісторний кріоскопічний метод.

## **РОЗРОБКА КОНТРОЛЕРУ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОБОТИ ЛИВАРНОЇ ДІЛЯНКИ**

**Тополов І. І., Татарченко О.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Одна з важливих галузей промисловості – ливарне виробництво, яке забезпечує актуальні потреби ринку в його найрізноманітніших сегментах. Технічний прогрес і поява інноваційних технологій не зменшили актуальність лиття - в сучасному машинобудуванні близько 60-80% технологічних процесів припадає на ливарне виробництво [1].

На сучасному промисловому виробництві, при рішенні завдання комплексної автоматизації, доводиться вирішувати широкий ряд локальних задач загального процесу на окремих ділянках. У нашому випадку завданням було: провести автоматизацію ливарної ділянки машинобудівного підприємства з метою підвищення продуктивності праці та якості продукції, а також майже повного звільнення оператора від роботи в умовах шкідливих для його здоров'я.

Не торкаючись типу та геометрії литникової системи (ЛС) (вона замовника повністю влаштовує), потрібно автоматизувати процеси роботи: пневмоцилиндра (робочого органу поршня нагнітача), управління режимом нагріву горизонтальної частини живильника (в фазі затвердіння металу у пресформі розігрів відключають), режимом роботи рухомої частини пресформи. Також для повної автоматизації техпроцесу безперервної виливки виробів необхідно здійснювати моніторинг: величини тиску у пневмомагістралі цеху, робочих органах пневмоциліндра нагнітача і пневмоциліндра маніпулятора стану пресформи, температури металу в плавильному тиглі, температури металу в горизонтальному живильнику а також температури пресформи. Здійснити всі ці операції за алгоритмом роботи ЛС можливо за допомогою контролеру. Вивчення ринку закордонних і вітчизняних виробників контролерів технологічних процесів (КТП) показав що закордонні контролери як правило занадто дорогі, так як доходять до споживача крізь низку дистриб'юторів, вітчизняні контролери виробляються з великою надлишковістю, так як їх виробники бажають одним пристроєм охопити якнайбільш параметрів керування технологічного процесу [2].

Таким чином постала проблема створення без надлишкового по функціональним можливостям КТП автоматизації роботи ливарної ділянки.

### **Література:**

1. Новиков В. П. Автоматизация литейного производства : [учеб. пособие] Часть 1. Управление литейными процессами. / Новиков В. П. – М.: МГИУ, 2008. – 292 с.
2. Тополов І. І. Розробка ІВС керування ливарним процесом / І. І. Тополов, О.Г. Корчагіна, Л.О. Медведєва // Тези докладів XXII Міжнародної НТК Microcad-System'2014, У чотирьох частинах, Ч. II. Україна. – Харків, 2014 – С. 122.

## **ПРИСТРІЙ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ СПОРУД**

**Черкасов Є. О., Трохін М. В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Використання інфрачервоної термографії як методу оцінювання теплових втрат будівельних конструкцій стає популярнішим при вирішенні питань економії енергоресурсів, визначення енергоефективності та підвищення теплового захисту будівель [1].

Втрати житловим будинком тепла не тільки створюють дискомфорт його власникам, але і підвищують витрати на забезпечення будинку енергією. Завдяки тепловізору, можна визначити всі подібні місця і негайно вжити заходи до усунення цих проблем або ж показати господарям детальну картину того, що відбувається і дати необхідні рекомендації для самостійного усунення даної проблеми. Вимірювання тепловізором проводяться як зовні, так і зсередини будівлі. Справа в тому, що кожен з методів має деякі переваги, але й недоліки. Саме тепловізор – це прилад, призначений для відображення сигналів, частотні характеристики яких лежать нижче діапазону оптичного спектра. Ця особливість дозволяє одержувати фотознімки або відеозображення теплової картини об'єкта. Межа виявлення теплових розходжень сучасними тепловізорами дуже мала – усього 0,01 градуса. Інформація відображається на дисплеї у вигляді кольорних плям і / або записується у пам'ять пристрою для наступного аналізу. Але є задачі, для вирішення яких недостатньо мати лише тепловізор. Квадрокоптер з тепловізором є сучасним потужним інструментом для інспекції промислових будівель і встаткування, контролю ліній електропередач, виявлення вогнищ загоряння, полювання й багато чого іншого. Він здатний без ризику для персоналу перевірити витік тепла через стіни й покрівлю промислових будинків, скласти теплову сигнатуру сонячної батареї й виявити в ній дефектний елемент, провести перевірку електропідстанцій без вимикання встаткування [2]. Огляд літератури підтверджує доцільність та ефективність застосування під час оцінювання стану огорожувальних конструкцій, зокрема і теплоізоляційної оболонки, тепловізійного дослідження.

Грамотне тепловізійне обстеження річ технічно складна. По-перше те, що термограми можна знімати тільки при різниці температур усередині будинку й зовні, не менше 15 градусів. По друге дуже важливо мати загальну картинку всього будинку, тому що, якщо не захоплюється усю стіну цілком, то будемо змушені набирати її з окремих шматочків і потім складати їх. А окремі шматки при цьому можуть давати зовсім різну температуру. Вирішенню цієї задачі присвячена дана робота.

### **Література:**

1. Дзіковська Ю. Методика визначення тепловтрат будинку за результатами тепловізійного дослідження / Ю. Дзіковська, Н. Гоц // Вимірювальна техніка та метрологія, № 76, 2015 р. – С 59 – 66.
2. Квадрокоптер з теплові зором [Електронний ресурс]. Режим доступу: // <https://mykvadrocopter.ru/teplovizor-dlya-drona>.

## **АВТОНОМНИЙ МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ПРИСТРІЙ УПРАВЛІННЯ ЗІГРІВАЮЧИХ ПАНЕЛЕЙ**

**Черкасова О. В., Трохін М. В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Для обігрівання житла та господарських споруд розробляється все більше нових пристроїв і приладів. Керамічні обігрівачі є одним із сучасних видів накопичення і віддачі теплової енергії. Їх дія ґрунтується на розігріванні елемента, що складається з керамічних пластин. Обігрівальні прилади подібного типу з успіхом застосовують як засоби додаткового опалення в приватних будинках і квартирах, офісах і виробничих приміщеннях [1]. Це вимагає створення автономних мікропроцесорних пристроїв управління зігріваючими панелями. Особливістю такого пристрою є застосування в обігрівачі спеціального керамічного матеріалу, який забезпечує збір тепла і повільну його передачу навіть після вимкнення апарата.

У всіх випадках застосування кераміки використовується принцип акумуляції тепла. Тіла, нагріті до певної температури, випромінюють теплові інфрачервоні промені з різними довжинами хвиль, що нагрівають навколишні предмети. Довжина керамічного інфрачервоного променя знаходиться у діапазоні (9,0 – 10,3) мкм, такий показник є комфортним для сприйняття людським організмом та тваринами. Якщо казати про тварин, то є проблема обігріву поросят у свинарнях. По суті, в даний час є дві системи створення комфортних умов для поросят. Перший варіант це обігрів зверху (ІК лампи), другий варіант знизу (нагрівальні панелі). При використанні інфрачервоних ламп тепло розсіюється на деякій поверхні, при цьому потрібно врахувати, що близько розміщувати джерело тепла до поросят неможна, також як не можна використовувати нагрів біля свиноматки, в результаті доводиться втрачати частину тепла даремно: на нагрівання повітря, на огорожу свиноматки від зайвого тепла. Нагрівальні панелі позбавлені всіх цих недоліків, оскільки розташовуються вони на відстані від свиноматки, а нагрів йде тільки поверхні самої панелі. Оскільки джерело тепла буде перебувати знизу, то максимально ефективно витрачаємо затрачену електроенергію. При цьому потрібно врахувати, що є можливість регулювати температуру нагрівальної панелі, створюючи максимально комфортні умови для поросят [2].

Створенню автономного мікропроцесорного пристрою управління зігріваючих панелей присвячена дана робота.

### **Література:**

1. Выбираем керамический обогреватель [Електронний ресурс]. Режим доступу: // <https://kotel.guru/radiatory/vybor/vybiraem-keramicheskiiy-obogrevatel-dlya-doma.html>.
2. Нагревательные панели или ИК лампы [Електронний ресурс]. Режим доступу: // <https://veles-sib.ru/st.sh.nagrevatelnie-paneli-ik-lampy.html>.

## **ВИМІРЮВАЧ КОЕФІЦІЄНТУ НЕЛІНІЙНИХ СПОТВОРЕНЬ ГЕНЕРАТОРУ ВИХОРОСТРУМОВОГО ДЕФЕКТОСКОПУ**

**Янішевська Ю. А., Борисенко Є. А.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Прилади неруйнівного контролю широко використовуються при різних методах неруйнівного контролю для визначення властивостей, параметрів надійності об'єкта, конструкції або зварних швів.

Вихорострумний контроль – один з методів неруйнівного контролю виробів з струмопровідних матеріалів. Заснований на аналізі взаємодії зовнішнього електромагнітного поля з електромагнітним полем вихорних струмів, що наводяться в об'єкті контролю цим полем.

Серед вихорострумних методів контролю перспективними виглядають багатопараметрові методи, що за рахунок аналізу ряду параметрів вихідного сигналу дозволяють визначити деякі фізичні властивості досліджуваного об'єкта. При такому підході електромагнітне поле, у якому перебуває досліджуваний об'єкт представляють у вигляді ряду просторових гармонік.

Вихорострумний перетворювач підключається до генератора синусоїдальних коливань своєю обмоткою збудження, а сигнал із вимірювальних обмоток визначається просторово-періодичними гармоніками поля. Для застосування підходу із представлення електромагнітного поля у вигляді ряду гармонік сигнал збудження має мати низькі нелінійні спотворення.

Нелінійні спотворення прийнято оцінювати коефіцієнтом нелінійних спотворень (КНС), що є відношенням ефективних значень гармонік до ефективного значенням сумарного вихідного сигналу.

В даній роботі використовується цифровий вимірювач нелінійних спотворень для низьких частот. Такий ВНС використовується в аудіотехніці та звуковій апаратурі. Для реалізації цього пристрою потрібні: активний смуговий фільтр, RMS-детектор, аналогово-цифровий перетворювач та блок керування індикацією.

Блок керування індикацією – пристрій, призначений для перемикання ланцюгів управління виконавчими пристроями, індикації положень ланцюгів управління в автоматичній системі управління технологічним процесом.

На першому етапі у пам'ять блоку управління заноситься код із виходу АЦП, що відповідає сигналу, який пройшов через RMS-детектор та власне АЦП; на другому етапі у пам'ять блоку управління заноситься код, що буде отриманий при додатковому проходженні сигналу через смуговий фільтр. Відношення цих двох результатів становитиме значення КНС.

## СЕКЦІЯ 9. ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ТА ЕЛЕКТРИЧНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ

### ВИКОРИСТАННЯ ПОРТАТИВНОГО ПРИСТРОЮ ЗБОРУ ДАНИХ NI MYDAQ ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Альошін С.О., Аніщенко М.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Pocket Labs чи кишенькова лабораторія є найбільш перспективним напрямком розвитку систем дистанційного навчання. Разом з приладом NI myDAQ студент може виконувати лабораторні роботи дистанційно у будь-якому місці та у будь-який час. NI myDAQ використовує технологію віртуальних пристроїв NI LabVIEW, що дозволяє студентам вимірювати параметри сигналів і аналізувати їх в масштабі реального часу.

В роботі представлена кишенькова лабораторна робота по курсу «Теорія електроприводу» по темі «Дослідження способів регулювання частоти обертання двигуна постійного струму».

Лабораторна робота реалізована в середовищі програмування LabVIEW з використанням моделі двигуна постійного струму типу П92. Регулювання параметрів відбувається за допомогою керуючої плати (рис 1).

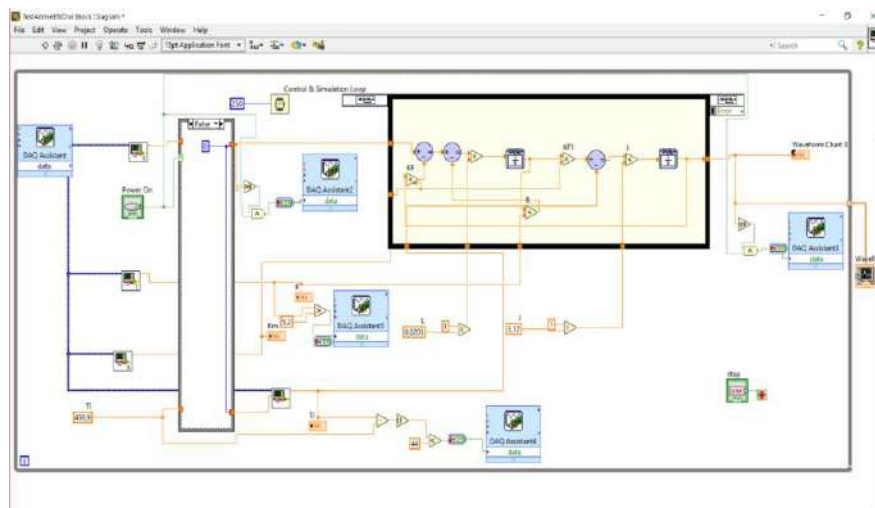


Рисунок 1 – Структурна схема віртуального приладу двигуна

При виконанні лабораторної роботи студент зможе ознайомитись з основними способами регулювання швидкості обертання двигуна постійного струму: зміною опору обмотки якоря, напруги живлення обмотки якоря та магнітного потоку обмотки збудження.

За допомогою керуючої плати студент вибирає необхідний спосіб регулювання частоти обертання, виконує експеримент та може порівняти експериментальні дані з розрахованими теоретично.

## ПРО МОЖЛИВІСТЬ ЗМЕНШЕННЯ ПРОТИДІЮЧОЇ СИЛИ У ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОМУ КЛАПАНІ З КАНАЛОМ РОЗВАНТАЖЕННЯ

<sup>1</sup>Байда Є.І., <sup>1</sup>Клименко Б.В., <sup>3</sup>Сланський Ю.А., <sup>2</sup>Форкун Я.Б.

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», <sup>2</sup>Харківський національний університет міського господарства, м. Харків, <sup>3</sup>ДП «КБ «ПІВДЕННЕ», м. Дніпро

Серед великої кількості газорозподільних клапанів виділяються клапани з кульковими перемикальними елементами. Застосовуються такі клапани, зокрема, в аерокосмічній техніці, де одним з основних вимог, що пред'являються до них, є швидкодія, яка може бути збільшена за рахунок зменшення протидіючих сил.

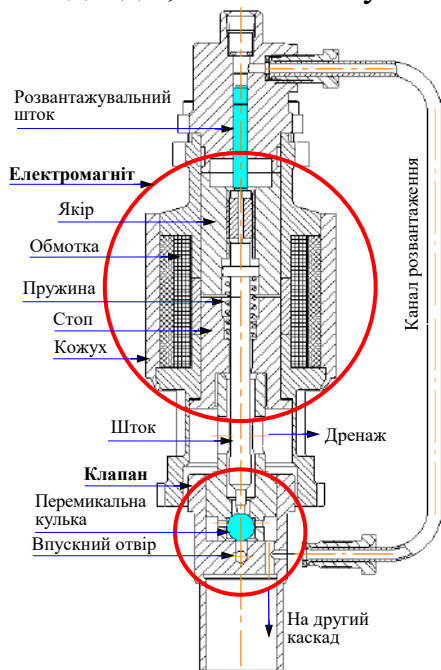


Рис. 1. Конструкція двокаскадного електромагнітного клапана

Одна з можливостей зменшення протидіючих сил у клапані розглядається в даній роботі.

У вихідній конструкції (рис. 2а) вісь впускного отвору розташована вище осі перемикальної кульки, притиснутої до дренажного сідла, тому, як тільки електромагніт починає рухати кульку униз, починається активний дренаж стисненого газу з каналу розвантаження, а газ, що надходить з впускного отвору, не компенсує дренаж внаслідок малого перетину протоки між кулькою і циліндром, в якому кулька рухається. Це спричиняє зниження швидкодії клапана. У змінній конструкції (рис. 2б) вісь впускного отвору пропонується розташовувати нижче осі перемикальної кульки, притиснутої до дренажного сідла, тому початок руху кульки вниз під дією електромагнітної сили, не призводить до різкого спаду тиску газу в каналі розвантаження, а відтак швидкодія електромагнітного клапана не повинна знижуватися. У даній роботі наводиться

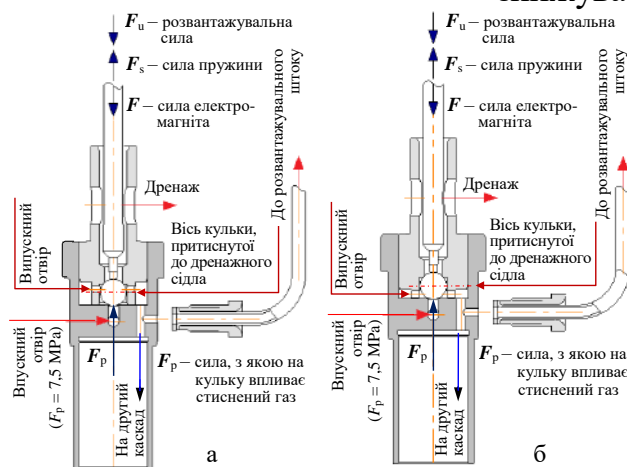


Рис. 2. Початкова (а) і запропонована (б) конструкції двокаскадного клапана зі зменшеною протидіючою силою

розрахункове обґрунтування цього рішення, яке ілюструється графіками, показаними на рис. 3 – в запропонованій конструкції протидіюча сила  $F_c$  в середньому на 30% є меншою.

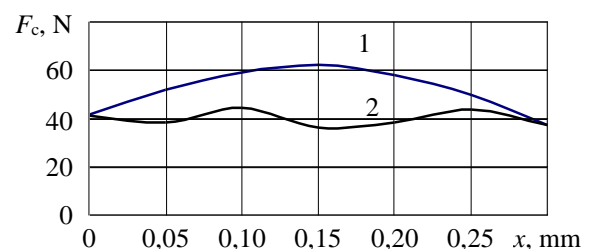


Рис. 3. Протидіюча сила у початковій (1) та запропонованій (2) конструкції двокаскадного клапана



## STUDIES OF MAGNETIC-PULSE PRESS FOR CERAMIC POWDERS

**Bolyukh V.F., Kashanskyi Y.V., Shchukin I.S., Shchukina L.P.**

*National Technical University*

*«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv*

A mathematical model of a magnetic-pulse cyclic-action press has been developed, which at each working cycle calculates a complex of interrelated electromagnetic, mechanical and thermal processes.

It has been established that during cyclic operation, the temperature of the armature is higher than that of the inductor winding. At a significant pulse repetition rate ( $q_{imp}=200$ ) during a pause, the temperature rise of the inductor increases slightly, and the anchors temperature rise noticeably decrease. The temperature rise of the inductor in a magnetic-pulsed press with an aperiodic excitation pulse and a full discharge of the capacitive energy storage is higher than when using a half-wave inductor excitation pulse and saving part of the energy of the ESE throughout the cyclic process. Temperatures of the armature are almost the same. During experimental studies on a laboratory press sample, at each working cycle, a force impulse of pressure was applied to a ceramic powder with an amplitude of 85 MPa and a duration of 1 ms (Fig. 1).

It is shown that during the molding of chamotte-clay powders, an increase in the number of power impulses compacts the powder, reducing the water absorption and porosity of ceramic materials. The achieved level of the properties of the samples obtained at the firing temperature of 1200°C corresponds to the level characteristic of chamotte refractories obtained at much higher temperatures (1350° ... 1400°C). It has been established that pulse pressing of technical powders allows obtaining compacts, the density of which is 12% higher than the density of samples obtained by static pressing. Pulse pressing contributes to an increase in the density of ceramic samples by 3 ... 8.5%, depending on the firing temperature.

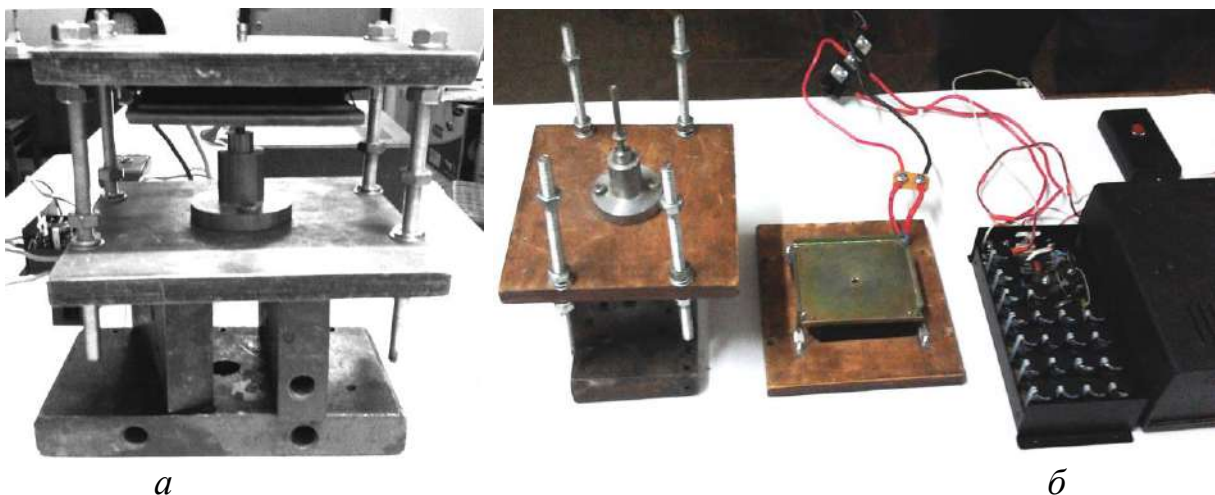


Fig. 1. General view of the laboratory sample of a magnetic pulsed press for ceramic powders in assembled (a) and disassembled (b) form



## **INFLUENCE OF PARAMETERS OF ACTIVE ELEMENTS ON INDICATORS OF ELECTROMECHANICAL CONVERTER OF ELECTRODYNAMIC TYPE**

**Bolyukh V.F., Kashanskyi Y.V., Shchukin I.S.**

*National Technical University*

*«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv*

On the basis of the developed chain mathematical model, recurrent relations for calculating the interconnected electromagnetic, mechanical and thermal processes of an electromechanical converter of an electrodynamic type are obtained.

It is established that with an increase in the thickness of the square copper bus of the inductor coils and the anchor from 1.0 to 2.5 mm, the amplitude and pulse of electrodynamic forces increase (EDF). However, the maximum speed of the armature is greatest for the transducer, the coils of which are wound with a 1.5 mm thick winding. The highest efficiency value is demonstrated by the converter, in which the coils are wound by a 2.0 mm thick winding. With an increase in the number of layers of the inductor coil bus, the amplitude of the EDF decreases significantly, and the magnitude of the EDF pulse decreases slightly. This reduces the maximum speed of the armature, efficiency and temperature rise of the inductor coils and the armature.

The largest amplitude of the EDF is achieved in an electromechanical converter with a minimum number of bus layers of the inductor and anchor coils. The largest value of the pulse EDF achieves with the maximum number of winding layers. In this case, the largest values of the amplitude and momentum of the EDF occur under the condition that the number of bus layers of both coils are the same. The highest efficiency (21.82%) is achieved in the converter, in which the inductor and anchor coils have four layers of a 2.0 mm thick square bus.

A catapult model for launching an unmanned aerial vehicle (UAV) was made and tested on the basis of an electromechanical transducer of the electrodynamic type (Fig. 1).

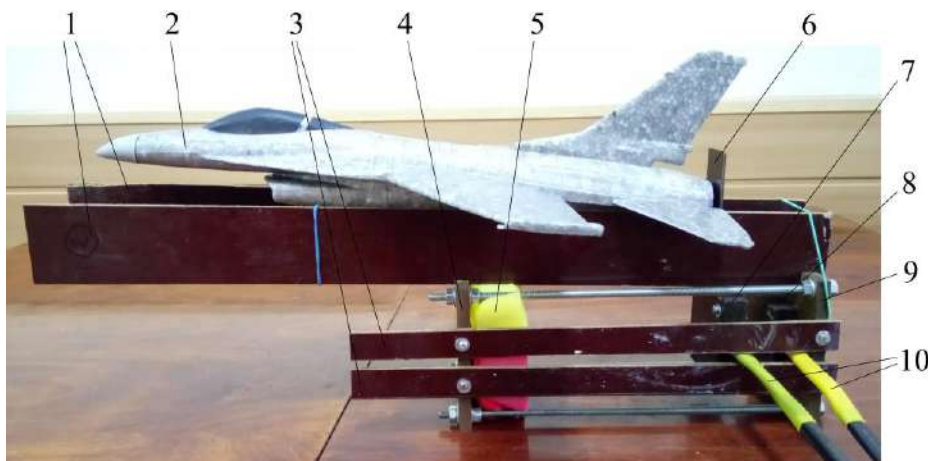


Fig. 1. Model of a catapult for launching a UAV: 1 - guide plates for moving a UAV; 2 - UAV; 3 - guide plates for moving the current leads of the armature coil; 4 - brake stop wall; 5 - brake elastic damper; 6 - upper ledge; 7 - anchor coil; 8 - inductor coil; 9 - starting thrust wall; 10 - current lead coils

## STUDY OF A LINEAR PULSE ELECTROMECHANICAL CONVERTER WITH A DOUBLE ANCHOR

**Bolyukh V.F., Kashanskyi Y.V., Shchukin I.S.**

*National Technical University*

*«Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv*

The design of a linear pulsed electromechanical transducer (LPET) of coaxial configuration, containing a fixed inductor 1 and a double anchor, covering the inductor from opposite sides [1] (Fig. 1) is considered. The front part of the anchor (AFP) 2 and the rear part of the anchor (ARP) 3 are made in the shape of coaxially mounted disks, covering the inductor from opposite sides. To the AFP 2 the head 4, directed towards the object of impact 5 is attached. The rear part of the armature 3 and the object of influence 5 on the outer surface are covered by fixing brackets 6.

Using a mathematical model that takes into account interconnected electrical, magnetic, thermal and mechanical processes, the influence of geometric parameters on the electrodynamic characteristics and LPET indicators of induction type with a double anchor, covering the inductor from opposite sides, has been established.

The ways of increasing the power indices of LPET - the maximum value and the pulse of electrodynamic forces between the parts of the double armature are determined. It was found for the first time that the power indices of LPET increases with the maximum approachment of both parts of the double anchor to the inductor and with an increase in the number of turns given dimensions of the inductor is constant and also with a decrease in the width of the copper bus and the width of the inductor.

A sample of a dual-anchor LPET induction type designed to destroy information placed on a solid-state digital SSD drive (Fig. 1b) was developed and experimentally tested.

### References:

1. Болух В.Ф., Кочерга А.И., Щукін І.С. Електромеханічні процеси в лінійному імпульсно-індукційному електромеханічному преобразователі з подвижним індуктором і двома якорями // Електротехніка і електромеханіка. – 2018. - № 2. – С.11-17.

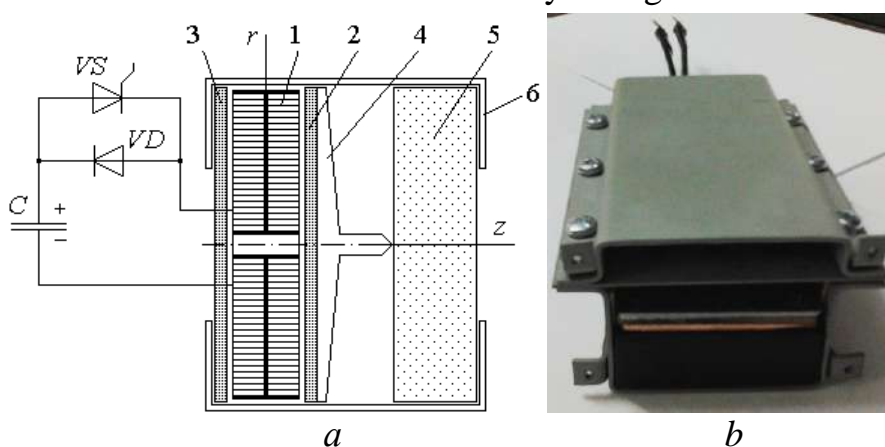


Fig. 1. Construction (a) and general view (b) of LPET with double anchor: 1 - inductor; 2 - AFP; 3 - ARP; 4 - head; 5 - the object of impact; 6 - fixing brackets

## ЦИФРОВА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ DC/DC ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ

Бохончик В.С., Стисло Б.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В результаті розвитку елементної бази перетворювальної техніки і, як наслідок, широкого використання перетворювачів електричної енергії в промисловості і побутовій техніці, розробники приділяють велику увагу вдосконаленню їх силових частини. Так, на кафедрі «Промислова і біомедична електроніка» НТУ «ХПІ» напротязі останніх десяти років ведуться наукові розробки DC/DC перетворювачів, що реалізують принцип розділеної комутації. Даний клас перетворювачів дозволяє суттєво знизити динамічні втрати в силових ключах схеми. Перетворювач складається із двох силових комутаторів та розділового трансформатором між ними. Перший комутатор являє собою мостовий інвертор струму (ІС), другий – виконаний за топології інвертора напруги (ІН). В кожному із комутаторів відбувається однорідна комутація: вимикання ключів ІС в режимі комутації при нульовому струмі і вмикання ключів ІН в режимі комутації при нульовій напрузі. Втрати при жорсткому включенні ключів ІС і вимиканні ключів ІН обмежені бездисипативними снабберами. Такий підхід до побудови схеми дозволяє мінімізувати потужність втрат в силових напівпровідникових ключах. Завдання системи керування такого перетворювача полягає в формуванні імпульсів керування ключами комутаторів з забезпеченням необхідних часових характеристик послідовності імпульсів. Ці характеристики можуть бути розділені на фіксовані часові інтервали, що забезпечують: задану робочу частоту ІС і ІН; безпечну область роботи інверторів; алгоритм розділеної комутації; та змінні часові інтервали, що забезпечують регулювання вихідних параметрів інвертора.

Система керування дволанковим перетворювачем побудована на базі мікроконтролера фірми STMicroelectronics – STM32F103. Осовними перевагами даного контролера є доступність, висока швидкодія, наявність великого набору периферійних пристроїв. Функціональні можливості периферійних модулів даного мікроконтролера дозволяють здійснити формування імпульсів керування силовими ключами схеми із дотриманням необхідних часових параметрів на повністю апаратному рівні.

Для формування імпульсів керування ключами обох ланок перетворювача можна використовувати режим таймера «ШІМ з центральним вирівнюванням». Для здійснення регульованого перекриття імпульсів зручно виконувати формування імпульсів кожної зі стійок інверторів обох ланок окремим таймером. Синхронізація таймерів для забезпечення необхідного фазного зсуву в такому випадку здійснюється окремим таймером, що виконує функцію «Master» для інших таймерів, що використовуються для формування імпульсів керування силовими ключами схеми.

Вхідним сигналом цифрової системи керування є сигнал АЦП, що здійснює вимірювання вихідного струму або напруги перетворювача.

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ АКУМУЛЯТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ**

**Васильєв М.А., Стисло Б.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

На даний час Li-Ion батареї найпопулярніший тип акумуляторів для мобільних телефонів, ноутбуків, цифрових фотоапаратів. Найбільші перспективи росту ринку літій-іонних акумуляторів відкриваються з використанням цих вторинних хімічних джерел у якості джерел живлення електротранспорту.

Відомо, що правильна експлуатація Li-Ion акумуляторних батарей дозволяє збільшити їх ресурс від 2 до 7 тис. зарядо-розрядних циклів. Однією з особливостей Li-ion батарей є жорсткі вимоги до рівня напруги на акумуляторі. Тому виникає задача вирівнювання рівнів напруги на послідовно з'єднаних акумуляторах та контроль за припустимими значеннями рівнів напруги на кожному з акумуляторів стеку. Ця проблема вирішується за допомогою системи енергоменеджменту батареї (*Battery Management System - BMS*). Силова частина нагадує за структурою зворотньоходовий перетворювач, що виконаний на багатообмоточному дросель-трансформаторі, який виконує роль буферного елемента під час балансування.

Завдяки адресному балансуванню існує можливість безпосереднього перерозподілу накопиченої енергії між акумуляторами стеку з надлишковим та недостатнім рівнями зарядів.

Для збільшення енергоефективності схеми, на вторинних обмотках перетворювача використовується схема синхронного випрямлення на силових MOSFET транзисторах, що мають менше пряме падіння напруги в порівнянні з діодами. Таким чином зменшуються статичні втрати в елементах схеми.

З метою зменшення комутаційних втрат необхідно забезпечити комутацію ключів при нульовому значенні струму (*Zero current switching*), що може бути досягнуто шляхом реалізації гранично-переривчастого режиму магнітного потоку в перетворювачі. Оскільки в процесі балансування змінюються рівні напруги на акумуляторах, необхідно в режимі реального часу обчислювати такий коефіцієнт заповнення імпульсів керування силовими ключами на кожному такті ШІМ, який забезпечить даний режим роботи перетворювача.

Таким чином на цифрову систему керування покладається задача реалізації прогнозного керування та моніторингу акумуляторних батарей, що робить доцільним використання сучасного 32-бітного швидкодіючого мікроконтролера STM32F103. Його можливості дозволяють забезпечити не тільки керування та моніторинг перетворювачем, а також здійснювати зв'язок із хмаровим сервісом, що дає можливість віддаленого моніторингу стану акумуляторних батарей. Додатковим шляхом підвищення ефективності є застосування алгоритму оптимізації процесу балансування.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕКУПЕРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ С СУПЕРКОНДЕНСАТОРНОЙ БАТАРЕЕЙ**

**Воинов В.В., Моисеев А.Н., Семиков А.В., Касторный П.М.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

В настоящем докладе представлены методика и результаты экспериментальных исследований тормозных режимов электромобиля на базе автомобиля Daewoo Lanos с электроприводом разработанным на кафедре «Автоматизированные электромеханические системы». Питание электродвигателя осуществлялось от шести фазного широтно-импульсного преобразователя с частотой 14 кГц [1], а питание преобразователя - от гибридного источника электроэнергии в виде аккумуляторной батареи и подключенной к ней через встречный диод суперконденсаторной батареи (СКБ) емкостью 25 Ф. Схема преобразователя позволяла при тормозных режимах (снижение скорости, движение под уклон) рекуперировать кинетическую либо потенциальную энергию в суперконденсаторную батарею [2]. Количество рекуперированной энергии равно изменению кинетической либо потенциальной энергии за вычетом работы, потраченной на преодоление сопротивления движению, а так же аэродинамических сил сопротивления. Величина этой энергии контролировалась по величине напряжения на СКБ в начале торможения и в момент его окончания по соотношению

$$\frac{CU_{кон}^2}{2} - \frac{CU_{нач}^2}{2} = W_{рек} \quad (1)$$

Испытания показали, что доля энергии, запасенной в суперконденсаторе от общей рекуперируемой, в силу нелинейного характера сил аэродинамического сопротивления, энергии существенно зависит от диапазона изменения скоростей при торможении, а также от угла наклона дороги.

Экспериментальные исследования четко фиксировали рост напряжения на конденсаторе при торможении, а моделирование режима движения стандартного городского цикла ЕС15 показали, что применение СКБ может сэкономить от 5 до 15% энергии, потребляемой от аккумуляторной батареи в двигательном режиме.

### **Литература:**

1. Клепиков В.Б., Гончар О.С., Моисеев О.М., Тимошенко А.В., Банев С.Ф., Пшеничников Д.О. Патент на корисну модель № 85585 «Электропривод электромобиля» від 25.12.2013 р. Бюл. №22
2. Семиков А.В. Компьютерное моделирование электромагнитных процессов в электроприводе электромобиля с суперконденсаторной батареей // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2015. –Вип. 112 (1121). –Тем. вип. «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика. Силова електроніка і енергоефективність». - С. 93-95

## ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В СИЛОВОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ В РЕЖИМЕ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТОРМОЖЕНИЯ

Воробьёв Б.В.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В данной работе рассматриваются вопросы создания компьютерной модели асинхронного электропривода автомобиля с использованием суперконденсаторной батареи в качестве буферного источника электроэнергии, компьютерное моделирование и исследование переходных процессов в преобразователе в рекуперативных режимах торможения.

Функциональная схема электропривода автомобиля строится в соответствии с характером преобразования энергии в процессе движения автомобиля. Источником энергии является аккумуляторная батарея (БА), обеспечивающая на выходе постоянное напряжение  $U_{ба}$ . Преобразование постоянного напряжения в переменное, необходимое для питания асинхронного двигателя (АД), обеспечивается трехфазным автономным инвертором напряжения (АИН), который выполняет функции регулирования частоты и напряжения по закону Костенко:

$$\frac{U}{f} = \frac{U_{ном}}{f_{ном}} = const; \quad (1)$$

Управление осуществляется микропроцессорным блоком (МПБУ), осуществляющим коммутацию ключей автономного инвертора по алгоритму ШИМ. Функциональная схема ЭП автомобиля представлена на рис. 1.

Силовой канал электромеханической системы включает в себя МПБУ, силовой полупроводниковый преобразователь, электродвигатель, механическую трансмиссию, дифференциал и колёсную пару.

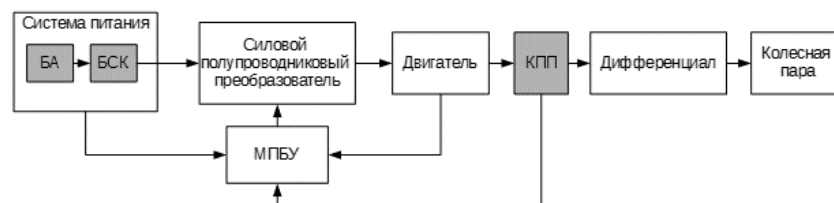


Рисунок 1 - Функциональная схема электропривода автомобиля

В результате были построены математическая и компьютерная модели электропривода автомобиля с суперконденсаторной батареей. Проведено компьютерное моделирование и получены график переходных процессов в режиме рекуперативного торможения, соответствующие теоретическим положениям и подтверждающие адекватность модели.

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ГРАФОВ И МЕТОДОЛОГИИ ЦЕЛЕОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СОСТАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫХ ПРОГРАММ ПО РОБОТОТЕХНИКЕ И МЕХАТРОНИКЕ**

**Воронцова М. Ю., Котляров В. О.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

В последнее время робототехника активно внедряется в школьную общеобразовательную программу с целью формирования у школьников умений планировать, оценивать и корректировать свои действия, выбирать направления поиска необходимых сведений, воспринимать информацию в ходе практической деятельности. Робототехника формирует техническое мышление, позволяет получить навыки технического творчества, мотивирует учащихся на изучение точных наук и способствует ранней профессиональной ориентации. Но из-за новизны этого направления школьного образования до сих пор отсутствуют все необходимые методические материалы и проверенная практикой методика преподавания в целом. Кроме того, развитие робототехники происходит такими быстрыми темпами, что требует постоянной разработки новых маршрутов обучения.

Эффективным средством автоматического поиска и обоснования маршрутов обучения могут служить используемые в электротехнических САПР программные инструменты искусственного интеллекта и инженерии требований. К наиболее эффективным средствам следует отнести такие актуальные модели знаний как семантические сети, концептуальные графы и онтологии, а так же средства автоматического принятия решений на их основе. С их помощью можно составить базу знаний по изучаемым темам, указать взаимосвязи между темами и основные сложности в их изучении. После этого появляется возможность реализовать автоматическую группировку тем по степени их близости и поиск оптимальных по степени сложности или времени изучения маршрутов обучения. Были проанализированы существующие программные средства этого типа и для дальнейшего применения предложены два программных инструмента: CoGUI и CGM-Tool. Первый из них позволяет представлять изучаемые темы в форме концептуальных графов, а второй – применить метод целеориентированного моделирования требований для оптимизации маршрутов обучения. Сочетая эти средства, можно представлять знания по изучаемым темам в наглядной графической форме, выявлять, оценивать и визуализировать связи между темами и связи тем с целями обучения, выделять оптимальные пути достижения целей, задавать и ограничивать уровень сложности путей. С учетом высокой степени разнообразия и вариативности учебного материала по робототехнике, такой подход к созданию учебных программ позволяет автоматически по-разному формировать маршруты обучения в зависимости от поставленных целей.

В результате предлагается методика составления программ обучения школьников робототехнике и мехатронике с автоматизированным поиском оптимальных маршрутов обучения при помощи концептуальных графов.

## **РОЗРОБКА СИСТЕМИ "РОЗУМНИЙ БУДИНОК" У ПРИВАТНОМУ КОТЕДЖІ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА STM32**

**Вировець С.В., Каменєв В.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Інтелектуальна система «Розумний будинок» - це високотехнологічна система, що дозволяє об'єднати всі комунікації в одну і поставити її під управління штучного інтелекту, програмується і настраюється під всі потреби і побажання господаря.

Поняття «розумний будинок» включає в себе: інженерний захист від загорянь, протікання, коротких замикань; відеоспостереження і сигналізацію, економію електроенергії, газу, води та інших ресурсів, управління світлом, мультимедіа, клімат-контроль та віддалене управління з смартфона.

Під час виконання роботи було розроблена 3D модель макета розумного будинку з використанням мініатюрних датчиків які виконують такі самі функції, що й датчики які встановлюються у реальних проектах "Розумний будинок". Також було виготовлено макет котеджу деталі якого були зроблені за допомогою лазерної різки.

Кафедра "Електричні апарати" освоює сучасні напрямки розвитку мікроконтролерів та їх застосування як в електричних апаратах так і в побутовій сфері. Виготовлений макет дозволяє ознайомитися з функціями розумного будинку, а також отримати уявлення про роботу мікроконтролера і його взаємодії з різноманітними датчиками.

3D модель макету котеджу з системою "Розумний будинок" зображена на рисунку 1.

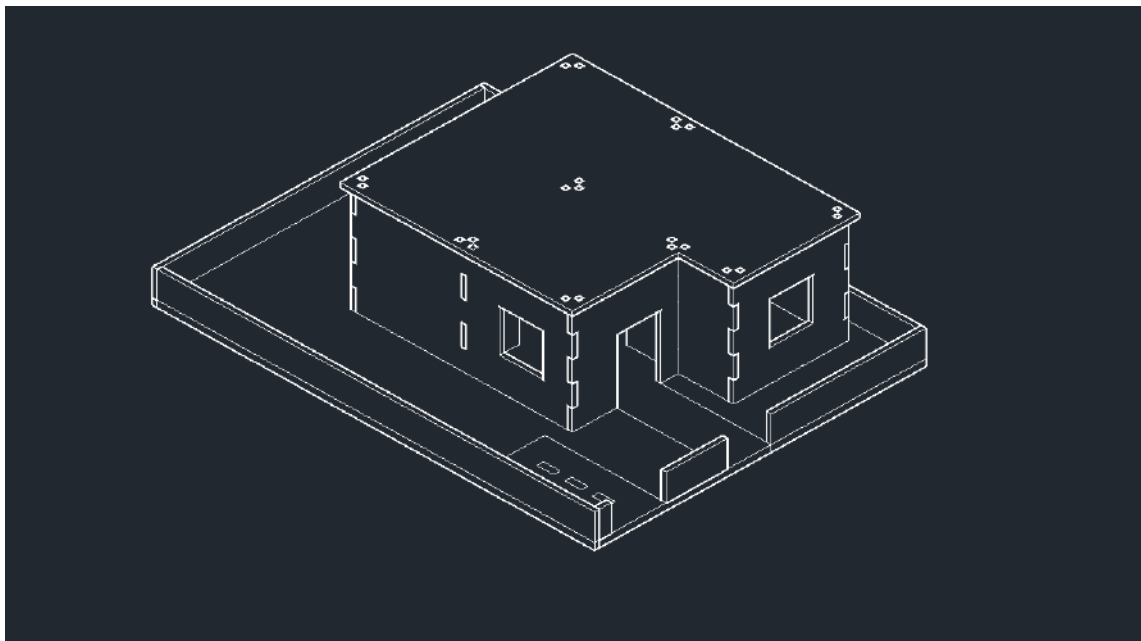


Рисунок 1 – 3D модель макету котеджу з системою "Розумний будинок".



## **СРАВНЕНИЕ ДВУХ СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ В ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОМ ДВИГАТЕЛЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕЖИМА ПОСТОЯНСТВА МОЩНОСТИ**

**Галайко Л.П.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Вентильно-индукторные двигатели (ВИД) (в зарубежной литературе Switched Reluctance Motor) в последние десятилетия находят применение в различных областях, в том числе и на транспорте. Для двигателей в транспортных установках характерным является режим постоянства мощности при увеличении скорости выше номинальной. Для обеспечения постоянства мощности в ВИД в работе [1] предлагается четыре способа изменения управляющих параметров: 1) фазовое регулирование; 2) переключение числа витков; 3) изменение амплитуды питающего напряжения; 4) подмагничивание магнитной системы. В работе [2] проведено сравнение первого и второго способа. Недостатком первого способа является значительное увеличение пульсаций момента. Для осуществления второго способа применено переключение катушек обмотки с последовательного соединения на параллельное. При этом пульсации момента уменьшились, однако значительно возрос максимальный ток фазы, что требует увеличения мощности полупроводникового преобразователя. В работе [3] для регулирования работы ВИД для привода гибридных автомобилей широко применяется третий способ, реализуемый путем изменения соединения аккумуляторных батарей с параллельного соединения на последовательное. Для сравнения второго и третьего способа проведены расчеты для двигателя рудничного электровоза мощностью 13 кВт, номинальной угловой скоростью 60 рад/с при повышенной скорости 120 рад/с. Для второго варианта напряжение питания равно 110 В, для третьего 220 В. Расчеты, проведенные в программе Simulink, показали, что большинство параметров двух вариантов являются удовлетворительными и совпадают (коэффициент пульсаций момента, коэффициент полезного действия). Однако эти варианты предъявляют различные требования к выбору полупроводникового преобразователя (для второго варианта на больший ток, меньшее напряжение, для третьего на меньший ток, большее напряжение). Окончательный выбор варианта требует экономической оценки полупроводниковых преобразователей.

### **Литература:**

1. Коломейцев, Л. Ф. Режимы работы тягового электропривода рудничного электровоза с трехфазным реактивным индукторным двигателем. [Текст] / Л. Ф. Коломейцев, И. А. Прокопец, С. А. Пахомин и др. – Известия вузов. Электромеханика, 2002, №2, с. 18 – 22. 2. Галайко Л.П. Анализ режима постоянства мощности в имитационной модели вентильно-индукторного двигателя. Труды МКЭЭЭ-2014. 15 Международная конференция «Электромеханика, Электротехнологии, Электротехнические материалы и Компоненты». Сентябрь 21 – 27, 2014, Алушта, Крым, С. 117–119. 3. Minghao Ma, Zhongui Chang, Yihua Hu, Fei Li, Chun Gan, Wenping Cao. An Integrated Switched Reluctance Motor Drive Topology with Voltage- Boosting and On-Board Charging Capabilities for Plug-In Hybrid Electric Vehicles (PHEVs). IEEEAccess. Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2017.2779460, Volume 6, 2018, p. 1550 – 1559.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ТРАНСПОРТЕ**

**Галайко Л.П., Вишняк А.А., Корсаков В.Р.**  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

На сегодняшний день большинство тяговых электроприводов используют двигатели постоянного тока или частотно-регулируемые асинхронные двигатели (АД) и синхронные двигатели (СД) с постоянными магнитами. Намечается тенденция на вытеснение коллекторных двигателей в связи с низкой надежностью и необходимостью постоянного технического обслуживания. Недостатками АД является снижение коэффициента полезного действия и необходимость завышения установленной мощности. Недостатком СД с постоянными магнитами является высокая стоимость постоянных магнитов и прогнозируемый рост этой стоимости. Многие разработчики и производители считают перспективным применение в тяговом приводе вентильно-индукторных двигателей (ВИД), несмотря на то, что эти машины пока не получили широкого распространения. Проведен анализ разработок электроприводов с ВИД в различных применениях на транспорте, описанных в шести зарубежных изданиях. Рассмотрены следующие разработки: 1) ВИД для рудничных электровозов [1,2]. 2) ВИД для электромеханической трансмиссии тракторов [3]. 3) ВИД для электромобилей и гибридных автомобилей [4]. 4) Системы электродвижения для кораблей и подводных лодок с ВИД [5]. 5) ВИД для привода городского электротранспорта [6]. Разработки, описанные в статьях [1,2,3], прошли испытания в реальных условиях эксплуатации. Разработки, описанные в статьях [4,5], испытаны на специальных стендах. В статье [6] сравнение с результатами эксперимента как на стенде, так и в реальных условиях не приведено. Разработчики: [1] Россия, Новочеркасск, [2] Китай, [3] Россия, Новочеркасск, Новосибирск, [4] Китай, [5] Россия, Новочеркасск, Санкт-Петербург, [6] Россия, Санкт-Петербург.

### **Литература:**

1. Коломейцев, Л. Ф. Режимы работы тягового электропривода рудничного электровоза с трехфазным реактивным индукторным двигателем. [Текст] / Л. Ф. Коломейцев, И. А. Прокопец, С. А. Пахомин и др. – Известия вузов. Электромеханика, 2002, №2, с. 18 – 22. 2. Y.Chen and G. Xie. Double 7.5-kW Three-Phase Switched Reluctance Motors Parallel Drive System for Electric Locomotive Traction. 978-1-4244-1833-6-08/\$25.00 © 2008 IEEE., С. 117–119. 3. Коломейцев, Л. Ф. Применение реактивных индукторных машин на транспорте. [Текст] /Л. Ф. Коломейцев, В. И. Бибиков, С. А. Пахомин, Г.В.Коломейцев. – Известия вузов. Электромеханика, 2008, №1, с. 69–72. 4. Minghao Ma, Zhongui Chang, Yihua Hu, Fei Li, Chun Gan, Wenping Cao. An Integrated Switched Reluctance Motor Drive Topology With Voltage- Boosting and On-Board Charging Capabilities for Plug-In Hybrid Electric Vehicles (PHEVs). IEEEAccess. Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS. 2017.2779460, Volume 6,2018, p. 1550 – 1559. 5. Б.В. Никифоров, А.П. Темиров, О.Е. Лозицкий. Создание корабельных систем электродвижения с вентильно-индукторным электроприводом. // Известия вузов. Электромеханика. 2007, №4, с. 62– 66. 6. Антипов В.Н., Грозов А.Д., Иванова А.В. Исследование характеристик базовых вентильно-индукторных электродвигателей тягового привода городского электротранспорта. // Электричество – 2016. – №10, с. 45–52.

## **ТРЕХФАЗНЫЙ АИН С СИНУСОИДАЛЬНОЙ ШИМ ДЛЯ АЭРОДРОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ**

**Гиль Н.В., Ивахно В.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Дальнейшее развитие силовой электроники, в частности, появление быстрых полупроводниковых ключей дает возможность повышать частоту преобразования и уменьшать габариты силовых фильтров преобразователей. В работе рассматривается трехфазный автономный инвертор напряжения (АИН) с синусоидальной широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) для аэродромных источников питания (АИП). Преобразователь включает в себя входной выпрямитель, трехфазный АИН и согласующий трансформатор, а также систему управления. Выходное напряжение АИП - трехфазное синусоидальное 110 В 400 Гц (фазное), номинальная мощность 90 кВт с четырехкратной токовой перегрузкой в течение 1 с и трехкратной в течение 10 с.

Силовой коммутатор каждой фазы АИН строится по мостовой схеме, используются IGBT - модули. Силовой фильтр устанавливается между выходом одной фазы АИН и соответствующей фазной обмоткой первичной стороны выходного трансформатора. Такое решение, в отличие от аналогов, где в качестве компонента фильтра используется индуктивность рассеяния трансформатора, позволяет питать трансформатор практически синусоидальным напряжением, существенно снизив его добавочные потери, и, следовательно, массу и габариты.

При использовании традиционного решения силового фильтра на основе Г-образного  $LC$  с сердечником из ферромагнитного материала возникает проблема насыщения сердечника в момент протекания через обмотку тока четырехкратной по отношению к номинальной величине амплитуды, т.е. около 670 А, что требует соответствующего увеличения габаритов, массы и стоимости такого дросселя. При использовании же фильтра на основе воздушного дросселя, например, тороидальной конструкции, проблем с насыщением в результате токовой перегрузки не возникает, однако такой дроссель обладает еще большей массой. Предлагается решение с дифференциальным дросселем специальной конструкции, которое обладает более приемлемыми массогабаритными характеристиками (меньшей величиной потерь и массой), позволяет применять стандартные ферритовые сердечники и провода обмоток.

В работе производится имитационное моделирование процессов в АИН при использовании традиционных IGBT модулей в среде МАТЛАБ, а также оценка потерь в силовых ключах, расчет и сравнение характеристик тороидального воздушного и дифференциального дросселя.

## ELECTRIC TRANSMISSION SUPERCONDUCTING CABLE LINE

Goncharov E.V., Polyakov I.V., Kryukova N.V., Nikitin V.V.

*National technical university  
"Kharkiv polytechnic institute",  
Kharkiv*

Proposed superconducting cable line provides increased efficiency and energy saving by distributing electricity through two conductors of the superconducting cable in the electrical grid. The usage of a superconducting cable that has two superconducting wires made of two high-temperature superconducting layers separated by an insulating layers, in which there is an alternate transmission of electricity through a rectifier unit of two valves, reduces power losses.

Each power line of three cable phases is placed in its own cryostat, filled with a refrigerant (nitrogen), which simplifies the repair, as well as operation. The scheme of the distributed electric power supply transmission of the superconducting three phase cable line is given in Fig. 1.

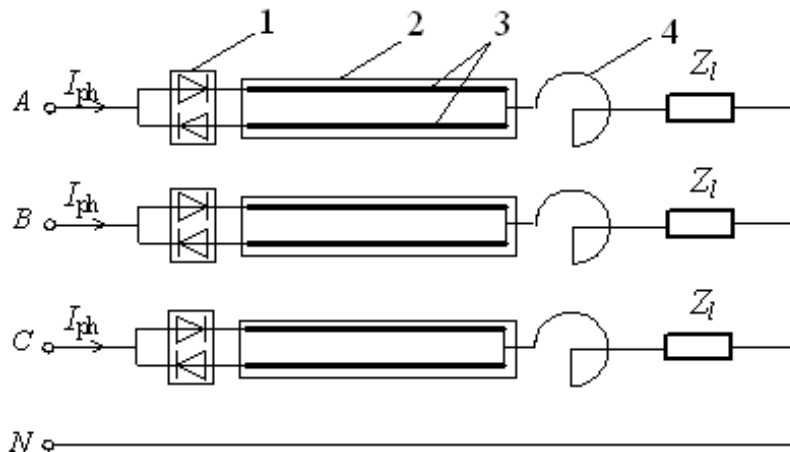


Figure 1

The essence of the power distribution in the three phase system with superconducting cable line is in usage of two high-temperature conductors in each superconducting cable, with a rectifier unit, which is included in each phase.

In the nominal operation mode of the power line, the phase current  $I_{ph}$  flows through the rectifier unit 1, where it is distributed over the superconducting wires 3, which are located in a single cryostat 2, and fed through the current limiting reactor 4 for protection from short-circuit on the load  $Z_l$ . Transmission of electricity power on two superconducting wires 3 is carried out in turn every half-period.

In order to increase the safety of the transmission cable line and the effectiveness of the protection equipment current limiting reactor limits the magnitude of the emergency current to an acceptable level in the case of a short-circuit.

Usage of proposed superconducting cable with two high-temperature superconducting wires can increase capacity of power and decrease power losses.

## РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТЕПЛОЇ ПІДЛОГИ

Гречко О.М., Бородай С.С.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Електрична тепла підлога – це одна з найпоширеніших систем додаткового опалення, що останнім часом все більше застосовується при проектуванні нових приміщень. Тому ознайомлення з конструкцією такої системи, особливостями її монтажу і експлуатації є актуальною задачею.

Мета роботи – розробка лабораторного стенду для проведення досліджень системи електричної теплої підлоги з використанням сучасної вимірювальної техніки.

Лабораторний стенд (рис. 1) складається з основи 1 розміром 1,2×0,6 м, на яку укладено шар пінополістиролу 2 завтовшки 20 мм, на який нанесено попередній шар стяжки 3 (10 мм) із закріпленням монтажної стрічки 4 з двожильним нагрівальним кабелем 5 (тип БНК-110) з кроком укладання 12 см. Шар теплоізоляції з кабелем залито цементно-піщаною сумішшю 6 (25 мм), а частина кабелю для наочності залишається вільною. Зверху укладено три різні види підлогового покриття: 7 – керамічна плитка, 8 – ламінат, 9 – лінолеум. Для вимірювання температури поверхні кабелю, стяжки та підлогових покриттів у різних місцях розміщено термопары 10.

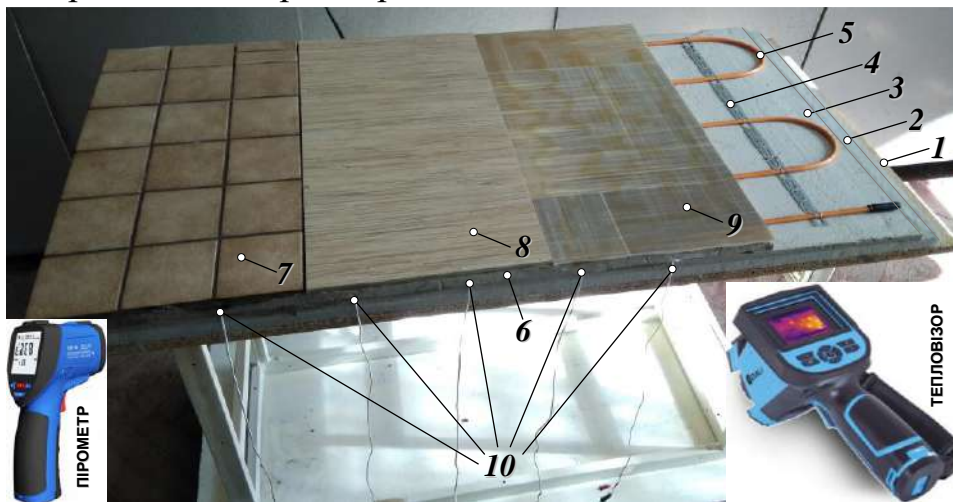


Рис. 1. Лабораторний стенд

Методика проведення лабораторної роботи. Через задані проміжки часу вимірюється температура нагрівального кабелю, цементно-піщаної стяжки і різних видів підлогових покриттів за допомогою термопар і мультиметру В35Т. За результатами досліджень будуються температурно-часові залежності нагріву кабелю, стяжки і підлогових покриттів. За допомогою сучасної вимірювальної техніки (тепловізора DALI LT3-P та пірометру IR865U) студенти отримують теплову картину розподілу температури системи теплої підлоги, встановлюють безконтактним способом температуру нагріву окремих складових системи, порівнюють зі значеннями температури, що отримані за допомогою термопар.

## РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ 3D ПРИНТЕРУ

Гречко О.М., Глушко В.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

3D принтер – це пристрої, що є різновидами промислових роботів, які здатні створювати об'ємні об'єкти шляхом пошарового нанесення матеріалу на певні місця за заданою керуючою програмою використовуючи адитивні технології. Саме до адитивних технологій і відносяться технології, що застосовуються при 3D-друку на 3D-принтерах. Це одна з найперспективніших технологій створення об'єктів, що останнім часом все більше застосовується як в різних галузях промисловості так і в сферах людського життя. Тому ознайомлення з принципом роботи, функціональними можливостями, особливостями експлуатації 3D принтеру є доволі актуальною задачею.

Мета роботи – розробка лабораторної роботи для проведення досліджень 3D принтеру Flashforge Creator Pro.

Методика проведення лабораторної роботи. Після ознайомлення з принципом роботи 3D принтеру студенти моделюють у 3D програмі задану деталь змінюючи наступні параметри: матеріал деталі (пластик ABS або PLA), коефіцієнт заповнення внутрішнього простору деталі, спосіб заповнення, кількість шарів, що накладаються по периметру деталі та на нижні і верхні основи деталі. Для побудованих деталей проводиться вимірювання їх твердості за допомогою метода Шора із використанням дюрометра (твердоміру) Шора типу D. За результатами досліджень будуються залежності середнього значення твердості виготовлених деталей від перерахованих параметрів. За допомогою сучасної вимірювальної техніки (тепловізору DALI LT3-P та пірометра IR865U) студенти також отримують теплову картину розподілу температури усередині 3D принтеру, визначають безконтактним способом температуру нагріву окремих вузлів 3D принтеру.

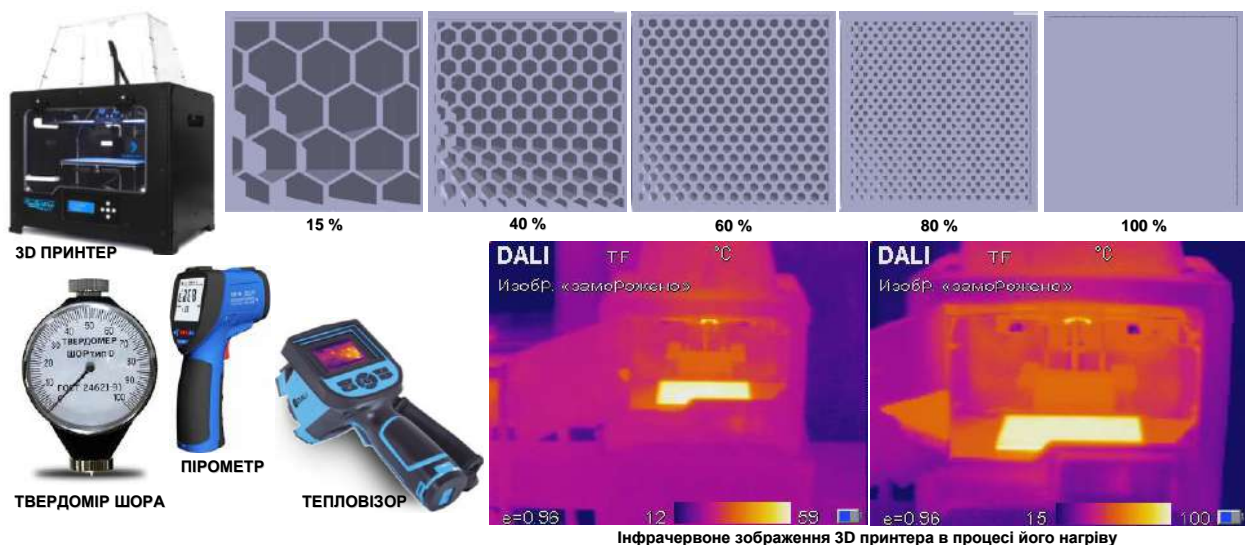


Рис. 1. Лабораторний стенд

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА НЕОБХІДНОГО ФУНКЦІОНАЛУ ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОТУЖНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ЧАСТОТИ**

**Гречуха В.Р., Замаруєв В.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В Україні частка промислових підприємств в загальному обсязі споживання електроенергії за підсумками 2018 р. становить 42.6%. Найпоширеніший вид споживачів - електропривод. В даний час практично всі електроприводи являють собою приводи з асинхронними двигунами. Вони знайшли широке застосування в теплопостачанні, водопостачанні, системах кондиціонування і вентиляції, компресорних установках і т.д. Завдяки плавному регулюванню швидкості обертання, в більшості випадків можна відмовитися від дроселів, варіаторів, редукторів та інших регулюючих пристроїв, що значно спрощує механічну систему, зменшує витрати на її експлуатацію та підвищує надійність.

Виходячи з цього актуальним завданням є виготовлення перетворювача частоти (ПЧ) для управління і частотного регулювання швидкості електроприводів на основі потужних асинхронних електродвигунів. Система управління (СУ) повинна забезпечувати частотний пуск, частотне гальмування і тривалу роботу електропривода в робочому діапазоні частот.

Завдяки розвитку ринку ПЛК і систем введення / виводу з'являється нове покоління систем АСУ. Це диктує підвищені вимоги до обладнання з точки зору інтенсивності передачі даних і, отже, використання відомих і розробці нових протоколів обміну даними, що призведе до підвищення надійності системи в цілому.

Для управління потужним електроприводом, як правило, використовується ієрархічна структура СУ. Для зв'язку перетворювача з АСУ доцільно використовувати комунікаційний протокол Modbus на базі послідовної лінії зв'язку RS-485. Такий вибір визначається відкритістю протоколу, його широкою поширеністю, високою завадозахищеністю, можливістю підключення пристроїв на значній відстані один від одного. Для внутрішнього обміну даними в СУ ПЧ - CANbus так як даний протокол має можливість роботи в режимі жорсткого реального часу, простий в реалізації, має високу завадозахищеність, надійний контроль помилок передачі і прийому, арбітраж доступу до мережі без втрат пропускну здатності.

Розроблено схемні рішення і алгоритми роботи СУ ПЧ, що дозволяють виключити втрату даних при збереженні максимальної швидкодії системи. Запропонований підхід може бути використаний в СУ жорсткого реального часу з міжблочною передачею даних з використанням CANbus.



## **ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ РОЗЧІПЛЮВАЧІВ**

**Гришук Ю.С., Пантелят М.Г., Скрипніков В.І.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Розроблений лабораторний стенд призначений для дослідження мікроконтролерних розчіплювачів (МР) автоматичних вимикачів (АВ) та їх програмування. Алгоритм його роботи в автоматичному режимі забезпечує збір даних з подальшим збереженням, обробкою та дослідженням їх на комп'ютері. Структурна схема стенда виконана на базі мікроконтролера (МК) MSP430F з наднизьким енергоспоживанням, який є програмно сумісним з МК сімейства MSP430 [1, 2]. Стенд має такі елементи: 1 – три датчики струму Д1–Д3, які розміщені в 3-х фазах; 2 – плата електронного блоку МР; 3 – АВ фірми Аско Укрем серії ВА-2001 3р 63А; 4 – розчіплювач АВ; 5 – проміжкові реле; 6 – набірні клемники, через які виконується підключення силової частини стенду; 7 – клемна колодка на 12 контактів, через яку виконується підключення керуючої частини стенду.

В якості датчиків МР АВ використовуються розроблені транс-форматори струму (ТС). Оскільки досліджуваний АВ, що задіяний в даному стенді, розрахований на номінальний струм 63 А, то первинна обмотка ТС, яка є силовою, має 10 витків з поперечним перерізом  $1\text{ мм}^2$ , а вторинна обмотка, яка є вимірювальною, має 630 витків з поперечним перерізом  $0,50\text{ мм}^2$ . Первина й вторинна обмотки намотані на каркас, що виготовлений з ізоляційного матеріалу, текстоліту, товщиною 2 мм. Каркас одягається на осердя. Осердя ТС, виготовлене з електротехнічної сталі, і складається з двох г-подібних набірних пластин, що фіксуються за допомогою спеціальної сталевих заціпки. Вихідні характеристики ТС визначені шляхом експериментальних досліджень на розробленій установці. Всі три вихідні характеристики ТС практично не відрізняються одна від одної.

До одного виводу первинної обмотки ТС через набірні клемники підключається силова частина стенду. А другий вивід первинної обмотки підключається до вводу досліджуваного автоматичного вимикача. Даний розчіплювач керується змінною напругою 220 В за допомогою проміжного реле, що увімкнене в коло котушки живлення розчіплювача. Реле задіяне в схемі керування розчіплювачем живиться напругою 24 В DC, спроможне комутувати 250 В AC, тому реле виконує ще й підсилюючу дію. В коло живлення реле включений зустрічний діод для гасіння ЕРС самоіндукції при відключенні реле і запобігання перенапруги на ключовому елементі, що керує обмоткою реле, і світлодіод для індикації стану реле (увімкнено/вимкнено).

### **Література:**

1. Семейство микроконтроллеров MSP430x1xx. Руководство пользователя: пер. с англ. – Москва: Серия «Библиотека Компэла». ЗАО «Компэл», 2004. – 368 с.
2. Гришук Ю.С. Мікропроцесорні пристрої: Навчальний посібник. – Харків: НТУ "ХПИ", 2008. – 348 с.



## **АНАЛИЗ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ГЕНЕРАТОРА С ПОПЕРЕЧНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ И ЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ**

**Дунев А.А., Егоров А.В., Юхимчук В.Д., Бредун Р.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В работе рассмотрена электрическая машина с поперечным магнитным полем (ЭМПП) с дисковым ротором и ее различные варианты конструктивного исполнения сердечника статора.

Как известно, эти машины появились относительно недавно, во второй половине XX века, и привлекли внимание научной общественности своей относительной простотой конструкции, надежностью и высокими показателями удельной мощности, как в двигательном, так и в генераторном режиме. Целью научной работы было рассмотрение различных способов увеличения вырабатываемой ЭДС в генераторном режиме и вращающего момента в режиме работы двигателя.

В качестве базовой конструкции была принята ЭМПП с дисковым ротором и шунтами между сердечниками статора, разработанная и изготовлена в сотрудничестве между университетами: НТУ «ХПИ» (Украина, Харьков) и OvGU (Германия, Магдебург). Корпус машины выполнен из немагнитного материала, который для высоты оси вращения до 112 мм был выполнен из пластика с применением 3D печати, что ускорило и удешевило процесс изготовления прототипа.

Описанная выше конструкция ЭМПП с дисковым ротором имеет следующие параметры: магнитная система машины состоит из 32 П-образных сердечников и дискового ротора со 128 постоянными магнитами для одной фазы, воздушный зазор составляет 1 мм; высота оси вращения составляет 100 мм; активная длина 94 мм [1].

Был проведен анализ магнитной системы базовой конструкции ЭМПП и предложено ее совершенствование в виде замены магнитных шунтов на полюса статора специальной формы с дополнительной обмоткой. Такая конструкция позволяет снимать ЭДС с дополнительных катушек с помощью незадействованных постоянных магнитов между полюсами статора. Описанный вариант предлагается в двух конструктивных исполнениях: с сохранением внешнего диаметра статора и с увеличенным внешним диаметром статора. Наружный диаметр дискового ротора в обоих вариантах был сохранен.

В итоге, ЭДС генератора была увеличена на 60%, а вращающий момент на 25%, по сравнению с базовой конструкцией ЭМПП.

### **Литература:**

1. S. Hieke, M. Slamann, D. Lagunov, R. Loidhold, A. Masliennikov, A. Duniev, A. Yehorov. Two-phase transverse flux machine with disc rotor for high torque low speed application: The 19th European Conference on Power Electronics and Applications (and Exhibition) will be held in Warsaw, Poland, 11–14 September 2017. pp. 1–8.

## **ОГЛЯД МОЖЛИВОСТЕЙ ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА АТР-ЕМТР**

**Зорін Є.Ю., Чепелюк О.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Програма розрахунку електромагнітних перехідних процесів (АТР-ЕМТР) та графічний препроцесор ATPDraw вважається однією з найбільш широко використовуваних універсальних програмних систем для цифрового моделювання перехідних явищ електромагнітної, а також електромеханічної природи в системах електропостачання.

За допомогою цієї програми можуть моделюватися складні мережі і системи управління довільної структури. ЕМТР використовується для аналізу комутаційних і грозових перенапруг, дослідження координації ізоляції і обертальних коливань електричних машин, моделювання релейного захисту та гармонійного аналізу, вивчення проблем якості електроенергії та електромагнітної сумісності тощо.

Вибір саме цієї програми обумовлений найважливішою перевагою АТР – безкоштовністю, причому ця перевага досягнута не на шкоду функціональними можливостям комплексу.

Програма ЕМТР була розроблена понад сорок років тому Г. Доммелем (Hermann W. Dommel) за підтримки федеральної енергетичної компанії ВРА (Bonneville Power Administration, США) і з тих пір безперервно удосконалюється. Програма була повністю написана на алгоритмічній мові Фортран і поширюється в декількох версіях, що відрізняються використанням компіляторів: GNU Mingw32 або Watcom для Windows 95/98 / NT / 2000 / XP / Vista; Salford для MS-DOS, MS-Windows 3.x / 95/98; GNU Fortran для Linux.

Через особливості законодавства США в області авторських прав і взаємовідносин розробників АТР з групою DCG ЕМТР відсутній вільний доступ до вихідних файлів кодів програмного комплексу. Проте, в даний час всі бажаючі, на певних умовах, можуть безкоштовно отримати ліцензію на використання програми АТР. Існує кілька регіональних груп користувачів АТР-ЕМТР: в Північній і Південній Америці, Європі, Японії, Австралії, Кореї, Китаї, Південній Африці та Індії. Українські користувачі можуть стати авторизованими користувачами, приєднавшись до Європейської групи користувачів (EEUG, <http://www.eeug.org>), заповнивши форму ліцензійної угоди за адресою <http://www.emtp.org/eeuglic.html>.

АТР-ЕМТР активно використовується в навчальному процесі в багатьох університетах світу, проте студенти не можуть стати авторизованими користувачами програми. Кожен студент отримує від викладача, що є авторизованим користувачем АТР, тимчасову ліцензію, термін дії якої обмежений терміном вивчення програми в рамках конкретного курсу.

## ОБОРОТНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ДЛЯ ЗАРЯДУ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІ ЗАЛІЗНИЦІ

Івахно В.В., Орлов Т.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Досліджувана система являє собою сукупність батареї і перетворювача, які встановлюються на тягових підстанціях залізниці і представляють із себе буфер обміну енергії. При гальмуванні рухомого складу потяга відбувається передача енергії рекуперації в буферний накопичувач, а при розгоні - енергія передається в зворотному напрямку. Такий режим дозволяє зменшити споживання енергії з мережі, що позитивно позначається на коефіцієнті корисної дії системи.

Перетворювачі повинні бути дволанкові з гальванічною розв'язкою. Гальванічна розв'язка дає змогу промасштабувати різні рівні напруги. Дволанкові перетворювачі постійної напруги в постійну з трансформаторною гальванічною розв'язкою ( $DC / DC$  конвертори) широко використовуються в різних областях силової електроніки, в т.ч. у вторинних джерелах електроживлення, в системах альтернативної енергетики, батарейних системах накопичувачів електричної енергії. Суттєвою особливістю  $DC / DC$  конверторів з розділеною комутацією є властивість оборотності – є можливість зміни знаку середньої за період перетворення вхідної (вихідної) потужності, тобто енергія може передаватися як від джерела живлення до навантаження, так і навпаки – від навантаження до джерела живлення. Передумовою до даної властивості є використання в силових комутаторах як автономного інвертора напруги (АІН), так і автономного інвертора струму (АІС) двоквадрантних керованих силових ключів (силових ключів знакозмінного струму) – біполярних транзисторів з ізольованим затвором *Insulated-gate bipolar transistor (IGBT* з антипаралельними зворотними діодами) в АІН і силові ключі знакозмінної напруги (*IGBT* з послідовними діодами) в АІС.

Висока ефективність алгоритму розділеної комутації для дволанкових перетворювачів постійної напруги ( $DC / DC$  конверторів) полягає в тому, що цей алгоритм забезпечує для силових ключів сприятливі умови комутації: для ключів АІС вмикання – індуктивне снаберне, а вимикання – природне, коли струм спадає до нуля, такий режим називають *Zero Current Switch (ZCS)*; для ключів АІН вимикання – ємнісне снаберне, а вмикання – природне, коли напруга спадає до нуля, режим *Zero Voltage Switch (ZVS)*, причому використовуються прості бездисипативні снабери.

Підвищення енергоефективності та зниження енергоємності залізничної галузі можливе за рахунок впровадження систем електричної тяги з використанням батарейних систем накопичення енергії (БЧЕ) (*BESS – battery energy storage system*) призначених для запасання енергії рекуперації та компенсації піків споживаного струму і провалів напруги при поверненні енергії з накопичувача в контактну мережу.

## **ESTIMATION OF THE PARAMETERS OF A MATCHING TRANSFORMER FOR A BIDIRECTIONAL TWO-STAGE DC/DC CONVERTER WITH SEPARATED COMMUTATION FOR THE POWER SUPPLY SYSTEM OF THE DC RAILWAY**

### **WITH BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM**

**Ivakhno V., Zamaruiev V., Styslo B., Eresko A., Tykhomyrov V., Voitovich J.**

***National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv***

In modern power supply systems that use direct current lines, for example, railway (RW), various Microgrid variants, etc., is desirable the presence of battery energy storage system (BESS). It is imperative that the system contains a bidirectional matching converter (BMC). BMC provides the exchange of energy between the input voltage source – BESS and the output voltage source – contact RW network. Matching transformer (MT) provides voltage levels matching and galvanic isolation. Proposed BMC circuit [1] with an input voltage of  $U_{in}=600$  V and an output voltage  $U_{out}$  of 2–4 kV (nominal voltage  $U_{outN}=3.3$  kV).

The BMC' primary low-voltage stage is a Voltage-Fed Inverter (VFI) with IGBT's Zero-Voltage-Switching. Nominal voltage of these IGBTs is 1200 V. The secondary high voltage stage is a Current-Fed Inverter (CFI) with an additional serial four-quadrant switch (FQS) with IGBT's Zero-Current-Switching. Nominal voltage of these IGBTs is 6500 V. The transformer's leakage inductance  $L_s$  perform the role of the nondissipative turn-on snubber. The frequency conversion is set to  $f=1$  kHz.

The amplitude of the current of  $w_2$  winding is assumed to be 200 A (transistors FZ250R65KE3), turns ratio  $K_t=w_2/w_1$  accepted 6.67. The use in the VFI a standard IGBT FZ1800R12HE4\_B9 with a nominal current of 1800 A in conjunction with capacitive snubbers provides a small value of turn-off losses (about 7% of the IGBT static losses). Then we have an estimation for a reasonable value of  $L_s$ :  $150 \mu\text{H} \leq L_s \leq 500 \mu\text{H}$ .

The estimation for the leakage inductance referred to the secondary winding is about 500  $\mu\text{H}$ . To reliably reduce the leakage inductance to an acceptable level, it is proposed to split the secondary winding and place primary winding between the halves of the secondary. Then  $L_s$  decreases by 5/8 times to 300  $\mu\text{H}$ . The results of transformer' loss, overheating and leakage inductance estimates were verified by modeling in Maxwell and SolidWorks/Flow Simulation packages, relative error of estimation does not exceed 8 and 14 percents, respectively.

#### **References:**

[1] V. Ivakhno, V. Zamaruiev, B. Styslo, R. Kosenko, A. Blinov, "Bidirectional Isolated ZVS DC-DC Converter with Auxiliary Active Switch for High-Power Energy Storage Applications" in *IEEE 2017 First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*, 2017, pp. 589- 592.

## МНОГОУРОВНЕВЫЙ МОДУЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Карпенко К.П. Крылов Д.С.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В последние годы широкое промышленное применение получили мощные полупроводниковые преобразователи нового типа – модульные многоуровневые преобразователи (*modular multilevel converters*). Такие преимущества ММС как: отсутствие трансформатора; модульная конструкция, легко адаптируемая к различным уровням сетевого напряжения, за счет изменения количества последовательно включенных подмодулей; высокое качество выходного напряжения конвертера; возможность резервирования энергии; возможность использования в высоковольтных регулируемых электроприводах переменного тока, позволяют говорить об их актуальности.

Поэтому было проведено исследование особенностей построения силовых цепей многоуровневого модульного преобразователя электроэнергии для линий электропередачи постоянного тока, а так же рассмотрены его принципы работы и основные характеристики.

На основании проведенных исследований и расчетов в программной среде *MatLab/Simulink* была построена математическая модель трёхфазного ММС. Управление источниками тока и напряжения в модели осуществляется в точном соответствии с алгоритмом работы ММС. Такая концепция построения модели позволяет проверить справедливость допущенных предположений о взаимосвязи основных параметров в работе схемы без использования моделей конкретных силовых модулей и построения сложной системы их управления и авторегулирования. Применение того или иного типа силового транзисторного модуля не сказывается на общей концепции работы ММС, однако влияет на особенности построения системы управления и авторегулирования а также определяет возможные аварийные режимы в работе схемы.

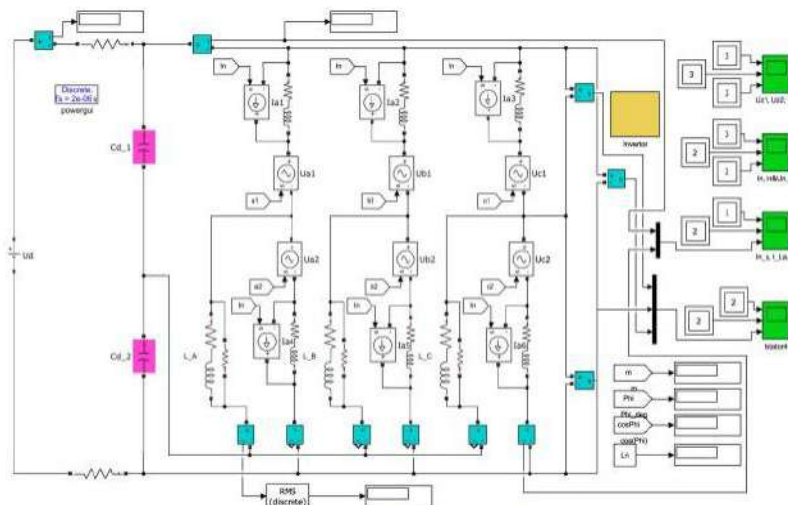


Рисунок 1- *MatLab* модель трёхфазного ММС

## **К ВОПРОСУ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА РУДНИЧНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА**

**Кириленко Я.А., Тимошенко Д. Ю., Колянчиков В. А.**

*Национальный технический университет*

*«Харьковский национальный институт»,*

*г.Харьков*

На шахтах и рудниках Украины основным видом транспорта является рудничный электровоз (РЭ). Условия работы РЭ весьма тяжелые и характеризуются большим удельным весом, динамическими режимами, низким коэффициентом сцепления колеса с рельсом, большим уклоном пути.

В эти условия к электроприводу (ЭП) электровоза как к основному элементу применяются повышенные требования.

До недавнего времени наибольшее распространение получил ЭП постоянного тока с реостатным регулированием скорости. Недостатки такого тягового ЭП: ступенчатое регулирование скорости и момента, сложность автоматизации, низкие энергетические характеристики, броски тока при переключениях, обусловили появление системы широтно-импульсный преобразователь - двигатель. Одна из первых таких систем типа ТЭРА 1 применена на электровозе АРП14 [1].

Известны разработки тяговых ЭП с двигателями постоянного тока независимого возбуждения и широтно-импульсный преобразователем для электровозов АРП10 [2]. Опыт эксплуатации магистральных электровозов железных дорог показал ряд преимуществ таких систем и в частности отсутствие разносного буксования, которое возникало в ЭП с двигателями постоянного тока последовательного возбуждения.

Преимущества асинхронных двигателей (АД) по сравнению с двигателями постоянного тока привели к современным разработкам тяговых ЭП построенных на системе преобразователь частоты – асинхронный двигатель. Такая система прошла испытания на контактном электровозе К14М с двумя двухфазными асинхронными двигателями [3].

Использование в статических преобразователях частоты силовых транзисторных модулей позволяет существенно упростить силовую схему и повысить надежность работы обеспечивая при этом необходимый диапазон регулирования. Поэтому такая структура ЭП на сегодняшний день является наиболее рациональной.

### **Литература:**

1. Волотковский С.А. Рудничная электровозная тяга. – М.: Надра, 1981. - 389с.
2. Ковальов Б.А. Транспорт на горных предприятиях. – М.: Надра, 1969. - 655 с.
3. Транкин Е.К и др. Автоматизация шахтного транспорта. - М.: ЦНИИЭИуголь. 1976. - 56 с.

## **ПРО ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНОГО ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ З СУПЕРКОНДЕНСАТОРНОЮ БАТАРЕЄЮ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ**

**Клепиков В.Б., Ждан О. А., Ротару А.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Для України, яка забезпечена власними енергетичними ресурсами лише на 48% проблема їх економного використання стоїть дуже гостро. При цьому 70% бензину та 80% дизельного палива імпортується в країну, на що витрачаються значні валютні кошти. Одним із ефективних шляхів економії нафтопродуктів є перехід з автомобілів до електромобілів.

На кафедрі «АЕМС» НТУ «ХПІ» було створено перший в Україні електромобіль з суперконденсаторною батареєю (СКБ) для навчальних та дослідницьких цілей на базі автомобіля Daewoo Lanos, на електричну схему якого було отримано патент. В тому числі за участі студентів та аспірантів. Особливість схеми полягає у гібридному виконанні джерела живлення у вигляді комбінації свинцево-кислотної акумуляторної та суперконденсаторної батарей.

Оскільки свинцево-кислотні акумулятори не можуть приймати струми сотні ампер, які характерні для рекуперативних режимів електромобіля, використання суперконденсаторної батареї дозволило рекуперувати енергію у гальмівних режимах, а також зменшити навантаження на акумуляторну батарею (АБ) на початку руху після зупинок та при прискореннях після зниження швидкості електромобіля.

При відсутності СКБ АБ буде працювати зі значними струмами, які можуть викликати перегрів АБ і як наслідок зменшення терміну служби АБ.

Для розрахунку типових струмів і кількості теплоти, яка виділиться на АБ, був обраний стандартний європейський міський цикл руху автомобілів ЕСЕ-15. Згідно цього циклу була побудована діаграма навантаження електродвигуна і проведені теплові розрахунки при використанні СКБ і без нього. Розрахунки показують, що при використанні СКБ, кількість теплоти, що виділиться на АБ, зменшується на 7-8% при русі по дорозі без ухилу.

У імпортних електромобілях часто використовуються літєві акумулятори, які мають змогу приймати значні струми рекуперації, проте при цьому збільшується навантаження на акумулятор. Згідно розрахунків використання СКБ зменшує кількість теплоти, яка виділяється на літєвій АБ, при русі за циклом ЕСЕ-15, на 13,5%.

Ці факти призводять до висновку про доцільність використання у електроприводі електромобілів гібридного джерела енергії, а на першому етапі – поглиблених досліджень в цьому напрямку.

## **ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СИНХРОНИЗАЦИИ ПРИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИИ СКОРОСТЕЙ В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ С УПРОЩЕННОЙ КОРОБКОЙ ПЕРЕДАЧ**

**Клепиков В.Б., Сакун Е.В., Курочкин Д.А.**  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В настоящее время идет активная замена автомобилей с двигателями внутреннего сгорания на электромобили (ЭМ). Многие развитые страны приняли специальные программы по полному переходу к электрическому приводу: Норвегия, Нидерланды, Великобритания и др. На кафедре «Автоматизированные электромеханические системы» в 2011 году была открыта специальность «Компьютеризированные системы электромобилей», в которой ведется подготовка в рамках 141-й специальности по специализации «Мехатроника и робототехника».

Для электромобилей особо важно эффективное использование электрической энергии в связи с тем, что источником энергии является аккумуляторная батарея.

Большинство существующих электромобилей не содержат коробку передач, однако в зарубежных публикациях появилась информация о целесообразности использования 2-скоростной коробки передач, что позволяет повысить дальность пробега на 8-10% [1-3].

Кафедрой «Автоматизированные электромеханические системы» подана заявка на патентование электропривода с 2-скоростной упрощенной коробкой передач, в которой исключены механические синхронизаторы, а их функцию выполняет микропроцессорный электропривод. При этом, синхронизация осуществляется не только по скорости, но и по фазе.

Для проверки реализуемости предложенного решения была разработана физическая модель, включающая в себя двигатель постоянного тока, широтно-импульсный преобразователь, датчики положения валов коробки передач (энкодеры), микропроцессорную систему управления, а также модель коробки передач, выполненную с помощью технологии 3D-печати.

Физическое моделирование подтвердило возможность выполнения предложенного принципа синхронизации скоростей и положений валов коробки передач путем программного управления электроприводом.

### **Литература:**

1. Ren, Q.; Crolla, D.A.; Morris, A. "Effect of Transmission Design on Electric Vehicle (EV) Performance", 2009.
2. Bottiglione, F.; De Pinto, S.; Mantriota, G.; Sornioti, A. Energy Consumption of a Battery Electric Vehicle with Infinitely Variable Transmission. *Energies* 2014, 7, 8317-8337.
3. T. Hofman and C.H. Dai, "Energy Efficiency Analysis and Comparison of Transmission Technologies for an Electric Vehicle", IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), Sept. 1-3, 2010.



## **ДВУХДВИГАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ**

**Клепиков В.Б., Семиков А.В., Никифорова В.О.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

В последние десятилетия большинство мировых автопроизводителей начали выпуск электромобилей, разрабатывают новые модели и по ряду оценок ожидается значительный рост их числа [1]. Одной из задач при создании тягового электропривода (ЭП) электромобиля является выбор компоновки электрических машин (ЭМ) и разработки соответствующей системы управления. ЭМ для электромобилей по сравнению с ДВС более компактные и не требуют сложной коробки передач, что позволяет устанавливать несколько ЭМ, независимо соединяемых с колёсами. Например, в выпускаемом автомобиле Tesla Model S каждое из двух задних колёс имеет по одной тяговой ЭМ, соединённой через редуктор [2].

Авторами синтезирована система подчинённого регулирования для ЭП с двумя машинами постоянного тока (по одной на колесо) с независимыми контурами регулирования моментов сил путём управления токами якорей этих ЭМ. Задание момента одинаковое для обеих ЭМ и рассчитывается пропорционально-интегральным регулятором скорости всего электромобиля или определяется положением педали, перемещаемой водителем. Построена компьютерная модель с учётом сил, действующих вдоль направления движения электромобиля, и ограничения сил сцепления колёс с дорожным полотном.

Промоделированы разгон и движение с постоянной скоростью при различном профиле дороги и при различном трении скольжения колёс о дорогу. Получены одинаковые моменты на колёсах при поворотах и движении по неровной дороге с разным профилем без проскальзывания. И обеспечено качество переходных процессов как при однодвигательном ЭП с такой же настройкой регуляторов. При движении с проскальзыванием момент на одном колесе не будет зависеть от момента второго, что позволит нескользящему колесу создавать максимальное усилие, в отличие от однодвигательного ЭП с межколёсным дифференциалом. Для уменьшения проскальзывания колес на скользкой поверхности в систему управления добавлены блоки ограничения скорости, являющиеся дополнительными регуляторами скорости ЭМ, уменьшающими задание моментов ЭМ в случае значительного превышения колесом скорости электромобиля. Это позволяет уменьшить рывки электромобиля и стирание шин из-за проскальзывания при заезде быстро вращающегося колеса на участки с хорошим сцеплением колеса с дорогой.

### **Литература:**

1. Fuhs Allen E. Hybrid vehicles and the future of personal transportation. — Taylor & Francis Group, 2009. — 471с.
2. Дневники электромобилей: Tesla «Модель S» [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.pakwheels.com/blog/the-tesla-model-s/>

## ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ КВАЗІ-БІСТАБІЛЬНОГО ПОЛЯРИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТА З ВИСОКОКОЕРЦИТИВНИМИ ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ

Клименко Б.В., Антоніо Діланге

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У даній роботі наводиться опис технологічного процесу складання розробленого та виготовленого на кафедрі «Електричні апарати» квазі-бістабільного поляризованого електромагніта з висококоерцитивними постійними магнітами. Подібні електромагніти застосовуються у бістабільних актуаторах комутаційних апаратів мереж середніх напруг (брейкери, контактори). Особливістю конструкції таких електромагнітів є жорсткі вимоги щодо співвісності декількох деталей магнітопроводу та міцне з'єднання цих деталей за допомогою їх зварювання та за умови забезпечення між ними рівномірних немагнітних зазорів. Для забезпечення виконання цих вимог зварювальні роботи мають бути виконані у визначеній послідовності та із застосуванням спеціальних технологічних деталей (рис. 1).

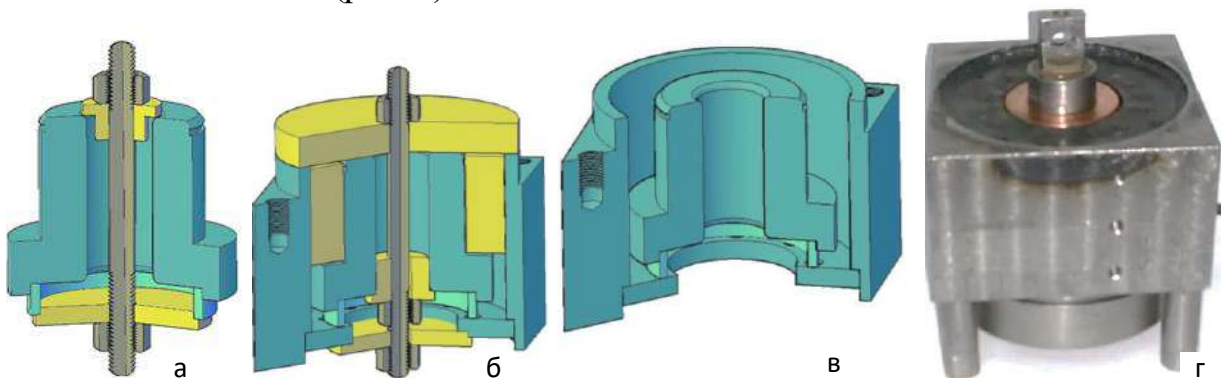


Рис. 1. Приварювання немагнітного кільця до сердечника (а), приварювання основи до корпусу та до немагнітного кільця – через отвори в основі (б), аксонометрія нерухомої частини магнітопроводу електромагніта після виконання операцій зварювання (в) та фото електромагніта у зібраному стані

Електромагніт даної конструкції було виготовлено із застосуванням описаної технології зварювання. Результати випробувань показали, що він забезпечує силу утримання якоря в притягнутому стані близько 2600 N, що практично збігається з результатами розрахунків. Цей електромагніт було встановлено на дослідний зразок контактора, розробленого та виготовленого на кафедрі «Електричні апарати» (рис. 2). Випробування контактора підтвердили працездатність електромагніта, а про ефективність використаної технології зварювання можна буде зробити остаточний висновок після завершення випробувань на зносостійкість, які зараз тривають.



Рис.2. Дослідний зразок контактора

## ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МОДУЛЬНИХ БРЕЙКЕРІВ ПОБУТОВОГО ТА АНАЛОГІЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Клименко Б.В., Василенко Д.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Дана робота виконана в рамках програми переобладнання навчальної лабораторії кафедри «Електричні апарати» із застосуванням сучасної апаратури та вимірювального обладнання, придбаного за рахунок гранту від фонду Олександра фон Гумбольдта. У даній роботі досліджується модульний брейкер для захисту електричних мереж в житлових та цивільних будівлях від надструмів – перевантажень та коротких замикань. В ході виконання цієї роботи було розроблено та виготовлено мобільний стенд для виконання лабораторної роботи із застосуванням сучасної вимірювальної апаратури – тепловізора, пірометра, цифрового осцилографа, цифрового мультиметра з вимірювальними кліщами тощо.

Роботу впроваджено у навчальний процес кафедри «Електричні апарати» як складову лабораторного практикуму з дисципліни «Електричні апарати», що сприяє забезпеченню високої якості вищої освіти завдяки сучасному обладнанню та реальному дослідженню студентами сучасної електричної апаратури.

Фото лабораторного стенду з основними вимірювальними приладами представлено на рис. 1, а фото силового трансформатора з навантаженням, а також тепловізора, за допомогою якого контролювалася температура біметалевого розчеплювача через штучну щілину в корпусі досліджуваного брейкера – на рис. 2.



Рис. 1. Лабораторний стенд з основними вимірювальними приладами



Рис. 2. Трансформатор з навантаженням, тепловізор та брейкер з штучною щілиною



## ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОДНОПОЛЮСНОГО КОНТАКТОРА ЗМІННОГО СТРУМУ

Клименко Б.В., Коломієць А.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Дана робота виконана в рамках програми переобладнання навчальної лабораторії кафедри «Електричні апарати» із застосуванням сучасної апаратури та вимірювального обладнання, придбаного за рахунок гранту від фонду Олександра фон Гумбольдта. У даній роботі досліджується однополюсний контактор змінного струму, призначений для комутації силових кіл в системах автоматизації промислових об'єктів. В ході виконання цієї роботи було розроблено та виготовлено мобільний стенд для виконання лабораторної роботи із застосуванням сучасної вимірювальної апаратури – цифрового осцилографа, цифрового амперметра та цифрового мультиметра для вимірювання напруги.

Роботу впроваджено у навчальний процес кафедри «Електричні апарати» як складову лабораторного практикуму з дисципліни «Електричні апарати», що сприяє забезпеченню високої якості вищої освіти завдяки сучасному обладнанню та наочному дослідженню студентами сучасної електричної апаратури.

Фото лабораторного стенду з основними вимірювальними приладами представлено на рис. 1, а деякі осцилограми перехідних процесів – на рис. 2.



Рис. 1. Лабораторний стенд з основними вимірювальними приладами

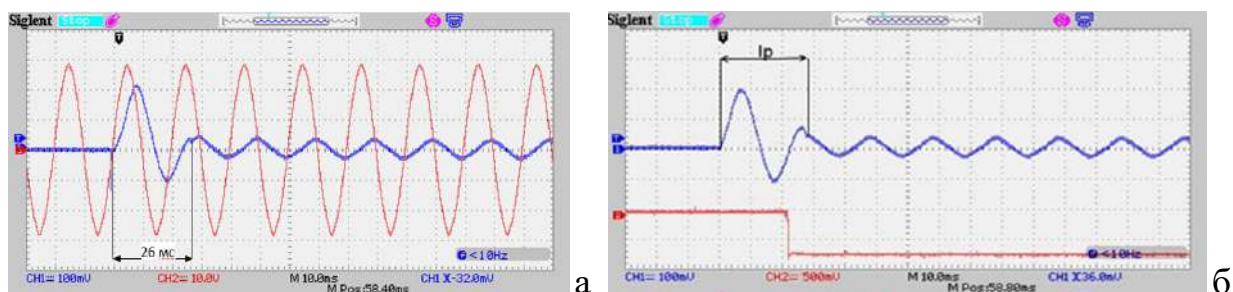


Рис. 2. Деякі осцилограми, отримані під час проведення лабораторної роботи:  
дослід з визначення часу спрацьовування (а) та дослід з перевірки наявності брязкоту контактів (б)

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ З ДОСЛІДЖЕННЯ ІНДУКЦІЙНО-ДИНАМІЧНИХ МЕХАНІЗМІВ

Клименко Б.В., Литвиненко В.В., Шуба К.С.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Робота виконана в рамках програми переобладнання навчальної лабораторії кафедри «Електричні апарати». В ході виконання роботи було модернізовано мобільний лабораторний стенд з дослідження індукційно-динамічного механізму (ІДМ), а саме: замінено кнопочві апарати в електромеханічній системі керування, змонтовано малогабаритний цифровий вольтметр для вимірювання початкової напруги на накопичувальному конденсаторі та встановлено надбудову для регулювання сили, що протидіє руху якоря. Резистивний датчик переміщення замінено на розроблений на кафедрі «Електричні апарати» індукційний датчик швидкості, деталі якого було виготовлено на 3D-принтері.

Фото модернізованого мобільного стенду приведено на рис. 1а, де позначено: 1 – кнопки керування; 2 – цифровий вольтметр; 3 – надбудова з регульованою протидіючою пружиною; 4 – індукційний датчик. Перехідний процес зміни струму в обмотці ІДМ реєструється двопробеневим цифровим осцилографом, до першого входу якого подається напруга з шунта з опором  $0,01\ \Omega$ , яка є пропорційною вимірюваному струму. До диску ІДМ прикріплено рухомий циліндр датчика з обмоткою, яка переміщується разом із диском і в якій виникає електрорушійна сила (ЕРС) пропорційна швидкості її руху в плоско-паралельному магнітному полі, що створюється в зазорі магнітопроводу датчика неодимовими постійними магнітами. Обмотка датчика приєднується до другого входу осцилографа, який реєструє перехідний процес зміни ЕРС в обмотці під час руху диску ІДМ.

Осцилограми, отримані при спрацьовуванні ІДМ приведені на рис. 1б. Верхня крива – осцилограма швидкості руху якоря ІДМ. Нижня крива – осцилограма струму в обмотці ІДМ при розряді на обмотку конденсатора ємністю  $2 \times 680\ \mu\text{F}$  при початковій напрузі  $150\ \text{V}$ . З осцилограми швидкості видно, що площинки між віссю часу й додатною та від'ємною частинами осцилограми є приблизно однаковими, адже шлях, який проходить диск,

рухаючись угору, дорівнює шляху, який проходить диск, рухаючись униз.

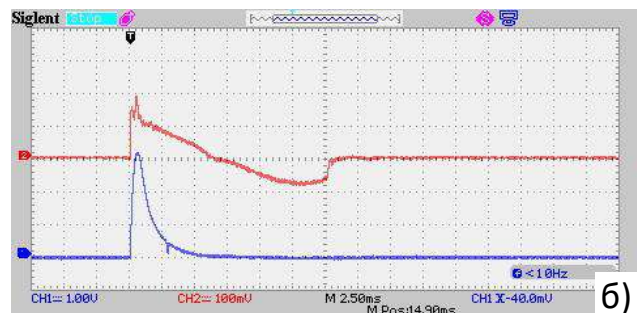
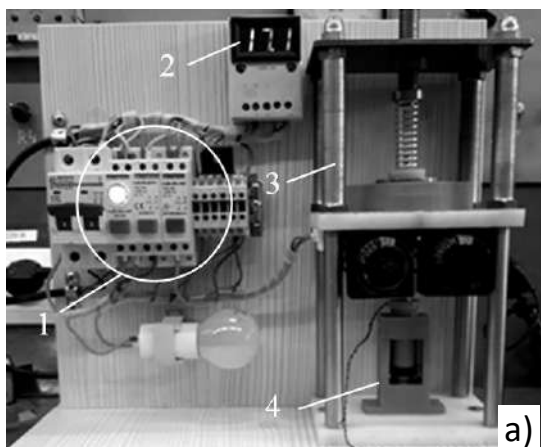


Рис. 1. Дослідна установка (а) та осцилограми спрацьовування ІДМ (б)

## МОБІЛЬНИЙ ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МОНОСТАБІЛЬНОГО ПОЛЯРИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТА З ВИСОКОКОЕРЦИТИВНИМИ ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ

Клименко Б.В., Непочатов П.В., Гандур М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Дана робота виконана в рамках програми переобладнання навчальної лабораторії кафедри «Електричні апарати» із застосуванням сучасної апаратури та вимірювального обладнання, придбаного за рахунок гранту від фонду Олександра фон Гумбольдта. У даній роботі досліджується розроблений та виготовлений на кафедрі «Електричні апарати» моностабільний поляризований електромагніт з висококоерцитивними постійними магнітами. Подібні електромагніти застосовуються у бістабільних актуаторах комутаційних апаратів мереж середніх напруг (брейкери, контактори). В ході виконання цієї роботи було розроблено та виготовлено мобільний лабораторний стенд, у якому були застосовані сучасні комутаційні апарати та цифрові вимірювальні прилади. Роботу впроваджено у навчальний процес кафедри «Електричні апарати» як складову лабораторного практикуму з навчальної дисципліни «Електричні апарати», що сприяє забезпеченню високої якості вищої освіти завдяки сучасному обладнанню та реальному знайомству студентів із сучасною електричною апаратурою.

Ескіз досліджуваного електромагніта, принципова електрична схема та фото лабораторного стенду представлені на рис. 1.

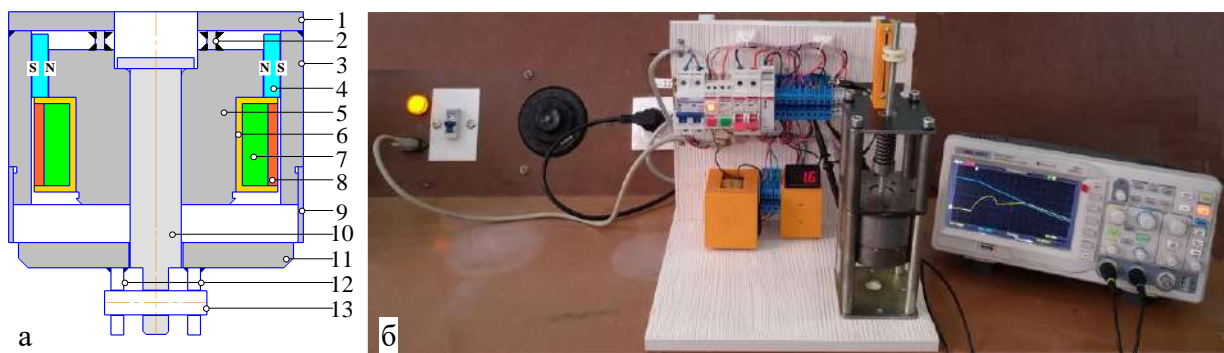


Рис. 1. Ескіз досліджуваного електромагніта (а) та фото лабораторного стенду (б)

Елементи конструкції моностабільного поляризованого електромагніта, позначенні на рис 1а: 1 – основа, 2 – немагнітне кільце, приварене з одного боку до основи, а з іншого боку – до сердечника (5), 3 – кожух електромагніта, 4 – висококоерцитивні постійні магніти, 6 – каркас котушки, яка містить дві обмотки – вмикальну (7) та вимикальну (8), 9 – феромагнітний шунт, 10 – немагнітний шток, через який здійснюється силовий вплив на механізм, який приводить у дію електромагніт, 11 – самовстановлювальний якорь, 12 – стояки, приварені до якоря, 13 – шпилька, що з'єднує стояки зі штоком.

Низка елементів конструкції лабораторного стенду – оболонки трансформатора та перетворювача, каркас котушки, а також обойма резистивного датчика переміщення були виготовлені за технологією 3D друку.



# НОВИЙ НАПІВПРОВІДНИКОВИЙ ПРИСТРІЙ ФОРСОВАНОГО КЕРУВАННЯ МОНОСТАБІЛЬНИМ ЕЛЕКТРОМАГНІТОМ ВАКУУМНОГО КОНТАКТОРА

Король О.Г., Клименко Б.В., Єресько О.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

С кожним роком постійно збільшується попит на вакуумні контактори, які широко застосовуються у різних галузях промисловості. У вакуумних контакторах у якості приводів, для зменшення їхніх розмірів та споживаної потужності, а також для підвищення швидкодії, найчастіше застосовуються форсовані електромагнітні системи з пусковими та утримуючими обмотками. Недоліком таких систем є наявність внутрішнього розмикального контакту керування, який при виконанні операції вмикання контактора розмикає великий пусковий струм, спричиняючи появу на контакті електричної дуги, яка зношує контакт і суттєво знижує надійність роботи усього пристрою.

Для усунення цих недоліків пропонується використання нового напівпровідникового пристрою форсованого керування моностабільним електромагнітом вакуумного контактора (рис. 1а), в якому замість ненадійного внутрішнього розмикального контакту керування застосована відносно нескладна електронна схема та додано внутрішній замикальний контакт керування, щоб запобігти проходженню великого пускового струму після спрацьовування контактора, тобто в момент закінчення переміщення рухомої частини.

У роботі були проведені дослідження динамічних процесів (рис. 1б, в) за допомогою цифрового двопробеневого осцилографа на серійному вакуумному контакторі КВТн-250/1,14 виробництва компанії «Електродинаміка», у якому було застосовано новий напівпровідниковий пристрій форсованого керування. Осцилограми показують переваги напівпровідникового пристрою форсованого керування з внутрішнім замикальним контактом керування.

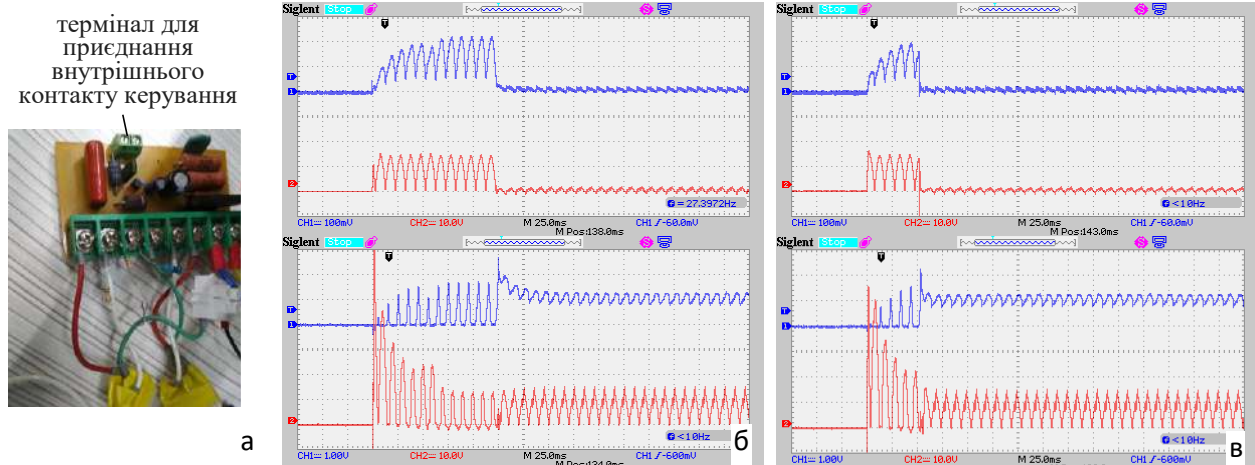


Рис. 1. Напівпровідниковий пристрій форсованого керування (а), динамічні характеристики струму і напруги в пусковій та утримуючій обмотці при живленні від джерела змінної напруги без внутрішнього замикального контакту керування (б) та з внутрішнім замикальним контактом керування (в)

## **МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПРИЕЛЕКТРОДНОГО ПАДІННЯ ПОТЕНЦІАЛУ В ІСКРІ НА СТАДІЇ ГАЗОДИНАМІЧНОГО РОЗШИРЕННЯ В ГАЗАХ ВИСОКОГО ТИСКУ**

**Коритченко К.В., Варшамова І.С.,  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків**

Перебіг електричних розрядів в газі супроводжується процесом емісії електронів з катода, процесом іонізації газорозрядного каналу, і процесом прив'язки струму до анода. Відмінність в механізмах, що забезпечують дані процеси, призводить до нерівномірного розподілу електричного поля в розрядному проміжку між катодом і анодом. В результаті падіння напруги на газорозрядному проміжку включає в себе суму катодного і анодного падіння потенціалів і падіння потенціалу в стовпі розряду. Визначення приелектродного падіння потенціалу в іскрі проводять на основі методу зближення електродів, який полягає в вимірюванні напруги на іскрових проміжках різної довжини при постійних інших параметрах розрядного кола (ємність конденсатора, початкова напруга його заряду і індуктивність розрядного кола). Використання цього методу є технічно складним. Це пов'язано з тим, що потрібно змінювати довжину розрядного проміжку при однаковій напрузі заряду конденсатора. Так як напруга пробою іскрового проміжку зменшується зі зменшенням його довжини, то таке дослідження вимагає включення керованого іскрового розрядника в розрядне коло, що призводить до зміни параметрів розрядного кола. Також потрібна висока точність суміщення в часі експериментально виміряних напруг на іскровому проміжку, які отримані при різній його довжині. Для розрахунку зміни приелектродного падіння потенціалу в часі потрібна побудова безлічі кривих на різні моменти часу.

У роботі був розроблений метод визначення приелектродного падіння потенціалу в іскрі на стадії її газодинамічного розширення в газах високого тиску, який дозволяє спростити техніку проведення дослідження. Метод заснований на вимірюванні напруги на іскровому проміжку і розрахунковому визначенні напруженості електричного поля і нелінійної індуктивності іскрового каналу по експериментальній кривій розрядного струму.

В результаті численних досліджень підтверджена близька до лінійної залежність між напругою і довжиною іскрового проміжку, що отримано експериментально на фіксовані моменти часу. Чисельними дослідженнями показано формування помилки вимірювання падіння потенціалів за методом зближення електродів в області зміни полярності струму. Проведена оцінка величини напруги на індуктивному опорі іскрового каналу показала необхідність обліку в розрахунку приелектродного падіння потенціалу в області зміни полярності струму. Попереднім дослідженням по розробленому методу визначення приелектродного падіння потенціалу в іскрі підтверджено підвищене падіння потенціалу в приелектродних областях в період зростання розрядного струму і встановлення потенціалу, близького до стаціонарної дуги в області низьких градієнтів розрядного струму.



## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ С УЛУЧШЕННЫМИ ПУСКОВЫМИ СВОЙСТВАМИ**

**Кравченко П. А., Ляшенко Г. А.**

*Харьковский национальный технический университет  
сельского хозяйства им. П.Василенко,  
г. Харьков*

Стремление совместить достоинства асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (высокая надежность) и фазным ротором (большой пусковой момент) привело к созданию асинхронных двигателей с улучшенными пусковыми характеристиками. Они имеют короткозамкнутую обмотку ротора специальной конструкции, представляющей собой обмотку ротора в виде двойной «беличьей клетки». У двигателя с двойной «беличьей клеткой» на роторе закладывается две короткозамкнутые обмотки. Первая обмотка выполняет роль пусковой, а вторая обмотка является рабочей. Для получения повышенного пускового момента пусковая обмотка должна обладать большим активным сопротивлением, чем рабочая обмотка. Поэтому она выполняется из материала с повышенным удельным сопротивлением (латунь), по сравнению с рабочей обмоткой (медь). Сечение проводников, образующих пусковую обмотку, меньше, чем у рабочей обмотки. За счет этого повышается активное сопротивление пусковой обмотки. Рабочая обмотка, расположенная глубже, охватывается большим магнитным потоком, чем пусковая. Поэтому индуктивное сопротивление рабочей обмотки значительно больше, чем пусковой. По мере разгона двигателя частота тока ротора падает, уменьшается и индуктивное сопротивление обмоток ротора, это приводит к увеличению тока в рабочей обмотке, за счет этого в создании вращающего момента будет участвовать, в основном, рабочая обмотка. Т.к. она обладает малым активным сопротивлением, естественная механическая характеристика двигателя будет жесткой. Аналогичная картина наблюдается у двигателя с глубоким пазом. Глубокий стержень обмотки можно представить в виде нескольких проводников, расположенных по высоте паза. За счет высокой частоты тока в обмотке ротора в момент пуска в ход происходит «вытеснение тока к поверхности проводника». За счет этого в создании пускового момента участвует только верхний слой проводников обмотки ротора. По мере разгона двигателя плотность тока по сечению проводников обмотки ротора выравнивается, сопротивление обмотки ротора снижается. В целом эти двигатели имеют жесткие механические характеристики, повышенный пусковой момент и меньшую кратность пускового тока, чем двигатели с короткозамкнутым ротором обычной конструкции.

### **Литература:**

1. Алиев И. И. Асинхронные двигатели в однофазном и трехфазном режимах. - М.: ИП РадиоСофт, 2004. - 128 с.

## ЕМКОСТНОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Леденев В.В., Лютенко Л.А.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

На кафедре инженерной электрофизики НТУ «ХПИ» был рассчитан и изготовлен емкостной измерительный преобразователь (ЕП), предназначенный для измерения напряженности импульсных электрических полей.

ЕП выполнен из фольгированого с двух сторон гетинакса толщиной 1,5 мм (рис. 1). Электроды ЕП имеют вид дисков диаметром 18 см. Емкость преобразователя была измерена и составила 700 нФ. Исходя из этого значения емкости, была рассчитана относительная диэлектрическая проницаемость гетинакса, которая оказалась равной 5. Коаксиальный разъем для подключения измерительного кабеля установлен в центре преобразователя на расстоянии 2 см от его нижнего электрода. Разъем и нижний электрод соединены между собой с помощью конического медного экрана. Внутри экрана располагается согласующийся резистор, впаянный между верхним электродом и потенциальным выводом разъема. Сопротивление этого резистора 75 Ом (в



Рисунок 1 – Емкостной измерительный преобразователь

соответствии с волновым сопротивлением измерительного кабеля). При необходимости внутри экрана может быть установлен дополнительный емкостной делитель напряжения, подключенный параллельно к ЕП и позволяющий повысить верхний предел измерения. Измерительный кабель подключался к осциллографу со следующими входными параметрами:  $R_0=1$  Мом,  $C_0=35$  пФ.

Анализ передаточных свойств ЕП показал, что разработанный преобразователь может быть применен для измерения импульсов электрического поля со временем нарастания не менее 0,26 мкс и длительностью – не более 75 мкс. Соответственно, верхняя частота полосы пропускания ЕП равняется 60 МГц, а нижняя частота равна 0,2 кГц [1].

ЕП был прокалиброван с помощью лабораторного калибратора с однородным электрическим полем. Погрешность калибровки:  $\approx 5\%$ . Чувствительность преобразователя составила  $0,28 \cdot 10^{-3}$  м. верхний предел измерения  $E_{\max}=300$  кВ/м.

### Литература:

1. Панин В.В., Степанов Б.М. Измерение импульсных электрических и магнитных полей. – М.: Энергоатомиздат, 1987.–120 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ В ПАКЕТІ MATLAB

Лосєв М.В., Бутова О.А.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Однією з основних вимог, що висуваються до систем автоматичного керування (САК), є точність відтворення зовнішнього впливу, яка визначається формою усталеного процесу керування. Зазвичай точність САК визначають для типових режимів роботи: при постійному зовнішньому впливу, та впливах, що лінійно і квадратично зростають.

Для дослідження перехідних процесів і визначення амплітуд помилок  $\varepsilon$  в усталеному режимі системи з астатизмом нульового і першого порядку була створена універсальна схема в пакеті *MATLAB/Simulink* (рис. 1), керована розробленою програмою (*m*-файл). Програма дозволяє змінювати тип САК (статична або астатична) програмним перемиканням ключа *SystemTypeSwitch*, автоматично перемикаючи типові режими роботи САК з використанням ключів *ModeSwitch1* і *ModeSwitch2*. Також програмним шляхом: задаються в блоці *Transfer Fcn* параметри передавальної функції, яка описує САК; задається діапазон зміни коефіцієнта посилення  $K$  з необхідним кроком; визначається критичний коефіцієнт посилення  $K$  (для астатичних систем 2-3-порядку).

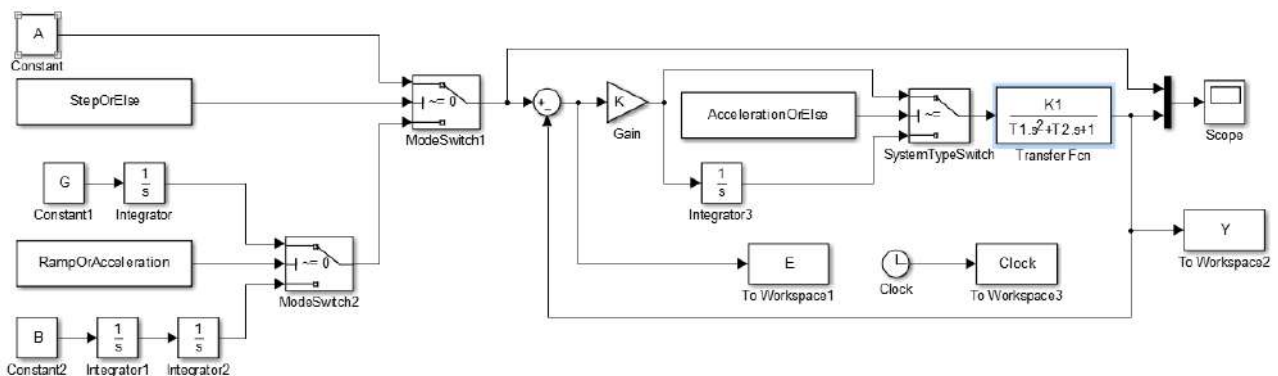


Рисунок 1 – Універсальна схема дослідження САК

Використання програми значно скорочує трудовитрати, час обробки результатів і дозволяє розширити спектр досліджень. Крім того, автоматична обробка робить розрахунки наочними, що підтверджується сімействами перехідних процесів  $Y = f(t)$ , а за отриманими залежностями зміни  $\varepsilon = f(K)$ ,  $\varepsilon = f(t)$  і  $Y = f(K)$  можна обґрунтувати інженерну методику вибору коефіцієнта посилення, що визначає граничні значення сталих помилок  $\varepsilon$  САК.

Даний матеріал використовувався при розробці лабораторної роботи з курсу «Теорія автоматичного регулювання».

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЙМОВІРНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ СЕРЦЯ

Лосєв М.В., Чижигов Я.О., Шишкін М.А.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Аналіз тривалості R-R інтервалів є одним з методів дослідження стану серцево-судинної системи людини. Враховуючі, що характер зміни серцевого ритму є досить індивідуальним для кожної людини і може значно змінюватися в залежності від її активності, ідентифікація окремих станів серцево-судинної системи є досить складною задачею. У той же час, детекція і класифікація таких станів при поточному довгостроковому моніторингу є потрібною і актуальною задачею.

Метою даної роботи є дослідження ймовірнісних характеристик варіабельності серцевого ритму при виникненні фібриляції передсердя та створення математичної моделі, що надасть можливість виявлення цього стану.

В роботі проведено дослідження добового моніторингу пацієнта з фібриляцією передсердя, в ході якого було відібрано характерні проміжки нормальної роботи серця та проміжки з фібриляцією. Обсяг вибірок для кожного зі станів складав 2000 значень R-R інтервалів, які було поділено на 50 груп. Знайдено щільність розподілу ймовірності для відповідних характерних проміжків. Гістограми законів щільності розподілу ймовірності надано на рисунку 1.

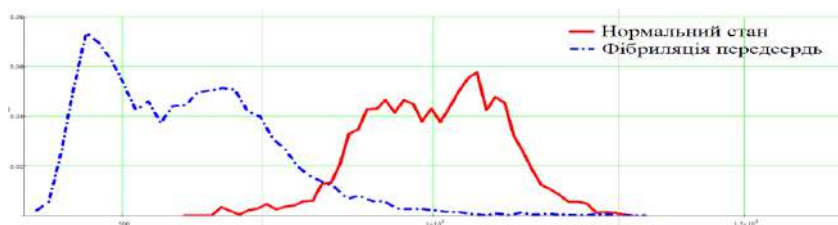


Рисунок 1- Щільність розподілу ймовірності

Порівняння отриманих гістограм (рис.1) відображає зміну закону щільності розподілу ймовірності при фібриляції передсердь, причиною чого є зменшення середнього значення  $m_x$  в групах. Крім того, коефіцієнт варіації у випадку фібриляції передсердь значно більший за коефіцієнт варіації у випадку нормальної роботи серця ( $V_{fib} \gg V_{norm}$ ), що вказує на збільшення випадковості у при виникненні фібриляції передсердь.

Виявлена залежність підтверджує існування відмінностей статистичних характеристик тривалості серцевого ритму при виникненні фібриляції передсердь, що надає можливість виявлення цієї патології при тривалому моніторингу серцевого ритма. Подальше вдосконалення математичної моделі тривалості R-R інтервалів можливе в напрямку виявлення особливостей прояву різноманітних патологій серцево-судинної системи.

## DEFINITION OF A STATOR WINDING INDUCTANCE OF INDUCTION MOTOR

**Markov V.S.**

*National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkiv*

External characteristic of an induction machine as generator and motor depends of its parameters. Therefore the exact value of a stator winding inductance is very important. Along with a flux of the fundamental harmonic (the main magnetic flux of mutual induction) currents of stator and rotor create a leakage flux defining the components values of windings inductance.

The inductance of a stator winding

$$X_1 = X_{gd} + X_{ecd} + \tau_{\sigma} X_{\mu},$$

where  $X_{gd}$  is the grooving dissipation inductance,  $X_{ecd}$  is the end coil dissipation inductance,  $\tau_{\sigma} X_{\mu}$  is the differential dissipation inductance,  $X_{\mu}$  is the mutual induction inductance.

The coefficient of mutual induction for the fundamental harmonic

$$M = \frac{\mu_0 D l m w^2 k_w}{\delta k_{\delta} k_{\mu} \pi p^2}, \text{ where } \mu_0 \text{ is the permeability of vacuum, } D \text{ is the diameter,}$$

$l$  is the length of a stator,  $m$  is the number of phases,  $w$  is the number of turns,  $k_w$  is the coefficient of winding,  $\delta$  is the length of air gap,  $k_{\delta}$  is the coefficient of air gap taking into account a conditional extend as a result of stepped appearance surface of a stator and rotor,  $k_{\mu}$  is the coefficient of saturation of a magnetic circuit,  $p$  is the number of poles pairs.

The empirical coefficient is for a single-layer stator winding with the width of grooving  $b_n$  and the height  $h_n$

$$\lambda_n = \frac{h_n}{3b_n}$$

The empirical coefficient is for a two-layer stator winding

$$\lambda_n = \frac{h_n}{3b_n} \cdot \frac{3\beta + 1}{4}, \beta \text{ is the degree of a pitch shortening}$$

Thus the inductance of a single-layer stator winding is

$$X_1 = 4\pi f \mu_0 \frac{w^2}{p} \left[ \frac{l}{q} + \left( 0,67 l_{ecd} - 0,43 \frac{\pi D}{2p} \right) \right] + \tau_{\sigma} X_{\mu}$$

$f$  is the voltage frequency,

and the inductance of a two-layer stator winding is

$$X_1 = 4\pi f \mu_0 \frac{w^2}{p} \left( \frac{l}{q} \cdot \frac{3\beta + 1}{4} + 0,57 \frac{3\beta - 1}{2} \frac{\pi D}{2p} \right) + \tau_{\sigma} X_{\mu}.$$

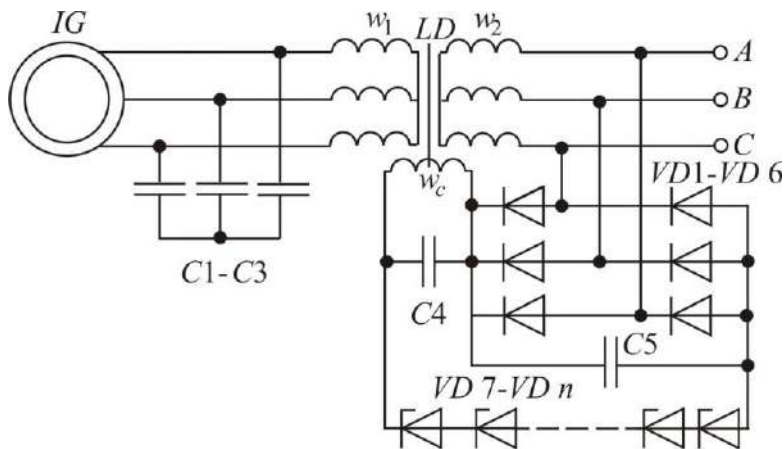
### **Literature:**

1. Bogatyrev N.I. Shemy statornykh obmotok, parametry i kharakteristiki elektricheskikh mashin peremennogo toka. – Krasnodar, 2007. – 301.

## VOLTAGE STABILIZATION OF INDUCTION GENERATORS

Markov V.S.

*National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkov*



For wide using induction generators (IG) in isolated power plants it is necessary means of voltage and frequency stabilization. One of the possible circuits for solving such problem is presented on the figure.

There are compensating devices augmenting reactive power of capacitors as IG load step-up.

At no-load of IG the control current  $I_{0\max}$  flows through the control winding  $w_c$  of the choke-transformer LD determined by a point at a silicon Zener diode volt-ampere characteristic. The choke-transformer reactance has minimal value and maximal value current flows through its the primary winding  $w_1$  according to the reactive power maximal value required by the transformer, accumulated energy in the bank of capacitors C1-C3. No load voltage is determined by a silicon Zener diode volt-ampere characteristic and adjusted by capacitor C5 capacitance selection. At load step up the voltage on the secondary winding terminals  $w_2$  of the choke-transformer diminishes that leads to reduce a bias current of the choke-transformer determined by a silicon Zener diode volt-ampere characteristic. Bias current step-down increases the windings  $w_1$  reactance, and leads to diminish absorbed power by the choke-transformer.

Reactive power of capacitors redistributes between IG and load, maintaining voltage in a particular range. The proposed voltage control system of IG is adapting. Total balance of reactive power of an isolated system remains constant not depending of the value and character of load. The total power of the bank of capacitors

$$Q_c = 3U_0 I_\mu (1 + b) + P \tan \varphi,$$

where  $U_0$  is the no load voltage of IG;

$I_\mu$  is the bias current of IG;  $\tan \varphi$  is load coefficient;

$b = 0,4 - 0,5$  is the coefficient taking into account the IG magnetic flux.

Derivation of voltage on the source terminals causes changing stabilization current of a silicon Zener diode from the no load value to the rated load value. The bigger resistance of the control windings the bigger value of the no load voltage of the source so that provides the rated voltage value at full load. Volt-ampere characteristics of a silicon Zener diode and resistance of the control windings adding determine a control error.

### Literature:

1. Bogatyrev N.I. Shemy statornykh obmotok, parametry i kharakteristiki elektricheskikh mashin peremennogo toka. – Krasnodar, 2007. – 301.

# ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МЕТРОПОЛИТЕНА В РЕЖИМЕ РЕКУПЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ТОРМОЖЕНИИ

Машура А.В., Крылов Д.С.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Функционирование современного крупного города немыслимо без использования метрополитена, обеспечивающего значительную часть пассажирских перевозок. Его энергоэффективность в нашей стране не самая высокая, обусловлено это применением коллекторного электропривода постоянного тока последовательного возбуждения без возможности возврата энергии в питающую сеть. Одним из предлагаемых решений является использование четырёхквadrантного электропривода постоянного тока, который даёт возможность организовать двунаправленный поток электрической энергии между источником и нагрузкой. Это позволит выводить накопленную в движущемся составе энергию обратно в промышленную сеть, это должно повысить КПД всей системы электроснабжения метрополитена.

Целью работы является оценка КПД системы электроснабжения метрополитена, использующего привод постоянного тока с рекуперацией энергии в питающую сеть в режиме торможения, учитывая коэффициент возврата энергии. Для оценки её эффективности в режиме рекуперации предложена эквивалентная схема с четырёхквadrантным реверсивным тиристорным управляемым выпрямителем, изображенная на рис.1.

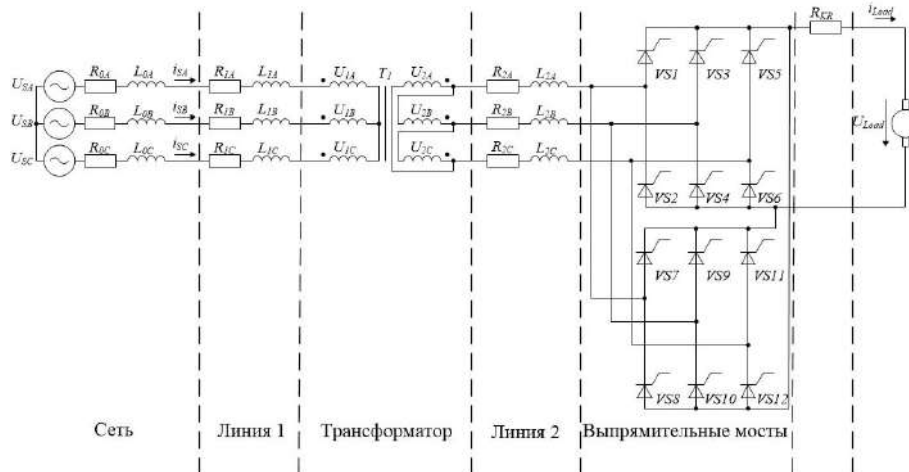


Рис.1. Эквивалентная схема СЭ МП с 4QS реверсивным УВ

Сеть 6 kV представлена трехфазной симметричной системой синусоидальных напряжений  $U_{SA}$ ,  $U_{SB}$ ,  $U_{SC}$ . Сетевые обмотки трансформатора  $T1$  подключаются к сети 6 kV, а вентиляные – к шестипульсному четырехквadrантному реверсивному управляемому выпрямителю  $VS1 - VS12$ . Нагрузка представлена двигателем постоянного тока с независимым возбуждением.



## ЧИСЛЕННО-ПОЛЕВОЙ РАСЧЕТ МОЩНОСТИ МАГНИТНЫХ ПОТЕРЬ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ СО СЛОЖНОЙ СТРУКТУРОЙ СЕРДЕЧНИКОВ

Милых В.И., Мушенко Д.Е, Морозов Е.В.  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Представлены принципы и тестовые результаты численно-полевого расчета мощности магнитных потерь (ММП) в электрических машинах со сложной структурой их сердечников. Разработанный уточненный метод основан на поиске максимумов значений магнитной индукции во множестве миниэлементов в зубцах и ярме сердечника ротора или статора, достигаемых в процессе вращения поля или сердечника. По распределению найденных максимумов магнитной индукции определяются среднеквадратичные их значения на указанных участках сердечника в целом, и по ним вычисляются ММП с использованием классической формулы, где усредненная для участка сердечника амплитуда магнитной индукции заменена среднеквадратичным значением.

Метод позволяет отображать расчетные модели сердечников любой формы и практически не требует упрощения их геометрической структуры. Тестовая реализация метода сделана на примере двигателя постоянного тока (ДПТ) (рис. 1) и опирается на экспериментальные данные по ММП в нем. В этом варианте ДПТ различие ММП между классическим и уточненным методом составило 12,5%. Проведен сравнительный анализ распределений магнитной индукции и ММП в

режимах холостого хода и нагрузки для вариантов сердечника якоря с одним и двумя рядами аксиальных вентиляционных каналов (АВК) и без них.

Предложенный метод расчета ММП является универсальным с точки зрения различных геометрических форм зубцово-пазовой структуры и ярма сердечников, так как не требует упрощений геометрии расчетных моделей этих частей конструкции. Этот метод рассмотрен на примере ДПТ, но может в той же постановке использоваться и для расчета ММП и в электрических машинах других типов, например, синхронных и асинхронных.

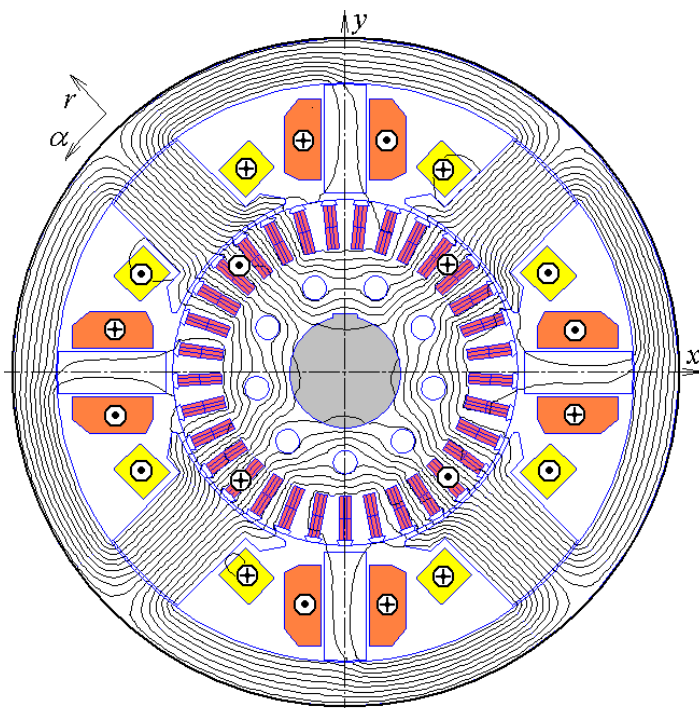


Рисунок 1 – Расчетная модель ДПТ с одним рядом АВК в якоре (показана картина магнитного поля в режиме нагрузки)



# **ФОРМУЛИРОВКА МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ РЕГУЛИРОВОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУРБОГЕНЕРАТОРА ПРИ ПОМОЩИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РАСЧЕТОВ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ**

**Милых В.И., Ревуженко С.А.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Регулировочной характеристикой (РХ) турбогенератора (ТГ) называют зависимость тока возбуждения от фазного тока обмотки статора ТГ  $I_f(I_s)$  при симметричной 3-х фазной нагрузке при номинальном напряжении на зажимах  $U_{sN}$  и заданном коэффициенте мощности, например, номинальном –  $\cos\varphi_{sN}$ . Характеристика была получена посредством автоматизированных расчетов магнитного поля (МП) в программе FEMM с помощью скрипта Lua методом конечных элементов.

Объектом исследования стал ТГ с данными: мощность  $P_N = 325$  МВт, фазное напряжение  $U_{sN} = 11547$  В и ток  $I_{sN} = 11040$  А, коэффициент мощности  $\cos\varphi_{sN} = 0,85$ , частота  $f = 50$  Гц; число фаз  $m_s = 3$ , число пар полюсов  $p = 1$ .

Для получения каждой точки РХ применяется итерационный процесс в соответствии с методикой, которая описана в [1]. При этом по заданным величинам напряжения  $U_{sN}$ , тока  $I_s$  и фазного сдвига  $\varphi_s$  ищутся посредством расчета МП обеспечивающие их ток  $I_f$  и обобщенная начальная фаза трехфазной системы токов статора  $\beta$ . Исходные значения для итерационного процесса  $I_{f0}$  и  $\beta_0$  определяются по специальной методике, описанной в [1], на основе отдельных численных расчетов МП обмоток ротора и статора.

Для построения полной РХ задается ряд значений тока  $I_s$  с некоторым шагом от 0 до  $1,2I_{sN}$ , и каждый раз при заданных значениях  $U_s$  и  $\varphi_s$  через расчет МП находится значение тока возбуждения  $I_f$  и сопутствующее ему значение угла  $\beta$ .

Полученная таким способом РХ дана на рис. 1 кривой 1, там же кривой 2 показана зависимость угла  $\beta$  от тока обмотки статора.

## **Литература:**

1 Милых В.И. Организация численного расчета магнитного поля турбогенератора в режиме нагрузки с обеспечением заданных его выходных параметров / В.И. Милых, Н.В. Полякова // Электротехника и Электромеханика = Electrical engineering & Electromechanics. – 2012. – № 1. – С. 36-41.

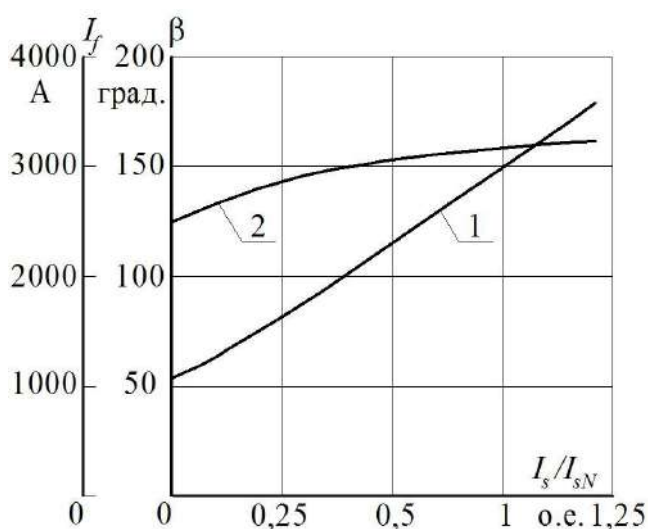


Рисунок 1 – Регулировочная характеристика  
– 1 и сопутствующая зависимость угла  $\beta$  от  
тока

## МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ИНДУКТОРА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПЕРЕМЕШИВАТЕЛЯ ПРИ ЕГО ХОЛОСТОМ ХОДЕ И НАГРУЗКЕ

Милых В.И., Шилкова Л.В.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Силовые действия в индукторе электромагнитного перемешивателя (ИЭМП) основываются на силах магнитного натяжения, которые возникают за счет разной магнитной проводимости наполнителя его рабочей камеры по продольной  $0d$  и поперечной  $0q$  осям. Поэтому одной из ключевых расчетных величин для индуктора является магнитная индукция (МИ). Конструктивно ИЭМП спроектирован из условия обеспечения в режиме холостого хода (ХХ) внутри рабочей камеры равномерного магнитного поля (МП) с МИ  $B=0,24$  Тл [1]. Нагрузкой для ИЭМП являются ферромагнитные элементы, которые располагаются в рабочей камере и под воздействием вращающегося МП перемешивают обрабатываемые вещества.

На рис. 1 дана расчетная модель ИЭМП, где  $r_{se}$  – наружный радиус индуктора,  $r_d$  – радиус рабочей камеры, уменьшенный относительно расточки сердечника на 5 мм. МП в ИЭМП рассчитано методом конечных элементов по программе FEMM. Здесь же на рис. 1 показано распределение МИ вдоль поперечной оси  $0q$  в режимах ХХ и нагрузки при одном и том же токе обмотки.

При ХХ ферромагнитные элементы отсутствуют, поэтому относительная магнитная проницаемость в рабочей камере по поперечной и продольной осям  $\mu_{rq}=\mu_{rd}=1$ . В режиме нагрузки в рабочей камере равномерно распределены ферромагнитные элементы и по упомянутым осям принята анизотропия с составляющими относительной магнитной проницаемости  $\mu_{rq}=2$ ;  $\mu_{rd}=15$ .

На рис. 1 видны изменения в распределении МИ при переходе от ХХ к нагрузке ИЭМП. Характерно, что внутри рабочей камеры при ХХ МИ распределена равномерно, а в режиме нагрузки МИ существенно увеличивается и ее кривая становится «выпуклой». Увеличение МИ краям графиков приходится на зоны стального сердечника индуктора, что практически не затрагивает рабочую камеру. Ограничение уровня МИ в сердечнике может быть сделано изменением его размеров или уменьшением тока обмотки статора при нагрузке.

### Литература:

1 Чисельний аналіз магнітного поля циліндричного трифазного індуктора магнітного сепаратора / В.І. Мілих, Л.В. Шилкова, С. А. Ревуженко // Вісн. Нац. техн. ун-ту «ХПІ». Серія: "Електричні машини та електромеханічне перетворення енергії". – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – №1(1223). – С.76–82.

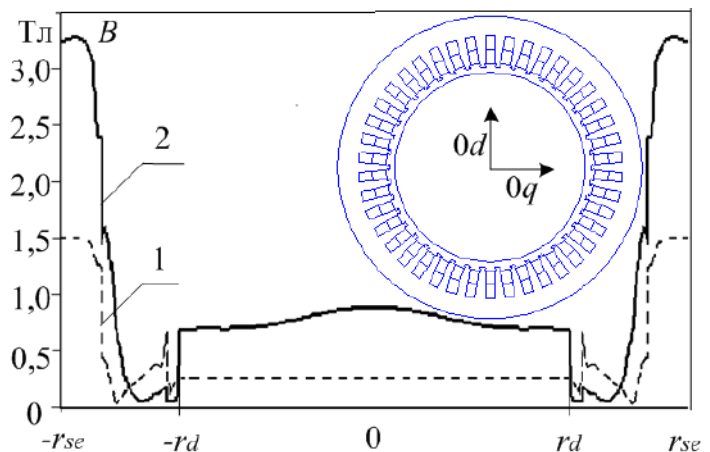


Рисунок 1 – Распределение МИ  $B$  по оси  $0q$ :  
1 – режим ХХ; 2 – режим нагрузки

## ЧИСЛЕННО–ПОЛЕВОЙ РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОМЕНТА АВИАЦИОННОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Милых В.И., Шилкова Л.В., Тымин М.Г.  
*Национальный технический университет  
 «Харьковский политехнический институт»,  
 г. Харьков*

Авиационные асинхронные двигатели (ААД) питаются напряжением 115/200 В с частотой 400 Гц от бортовой сети электроснабжения. Такие двигатели должны иметь высокий уровень номинальных и пусковых параметров. Проектирование ААД усложняется тем, что они конструктивно отличаются от общепромышленных трехфазных асинхронных двигателей. А именно: имеют меньшие габариты, двухклеточную обмотку ротора с различными материалами стержней и др. Поэтому классическое проектирование на основе теории магнитных цепей, которое основано на усреднении магнитной индукции (МИ) на укрупненных участках магнитопровода, для таких двигателей будет иметь слишком много допущений. Для ААД целесообразней рассчитывать магнитное поле методом конечных элементов по общеизвестной программе FEMM.

Исследован ААД марки ДА 5,5. Распределение МИ на фрагменте пазово-зубцовой зоны представлено на рис. 1. Одним из самых важных критериев для ААД является обеспечение необходимого вращающего момента. Из численно-полевого расчета для данного двигателя через тензор магнитного натяжения Максвелла [1] определен электромагнитный момент (ЭММ):

$$M_{em} = \frac{l_a}{\mu_0(r_s - r_r)} \int_{S_\delta} B_r B_\alpha r dS,$$

где  $B_r$  и  $B_\alpha$  – радиальная и угловая составляющие МИ;  $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м – магнитная постоянная;  $r_r$  и  $r_s$  – радиусы окружностей, которые ограничивают поперечную площадь зазора  $S_\delta$  со сторон ротора и статора.

Для данного двигателя ЭММ составил  $M_{em} = 6,97$  Н·м. С учетом механических и добавочных потерь мощности, на валу двигателя вращающий момент равен 6,75 Н·м. В то же время номинальный вращающий момент двигателя при расчете методом магнитной цепи составлял  $M_N = 6,6$  Н·м.

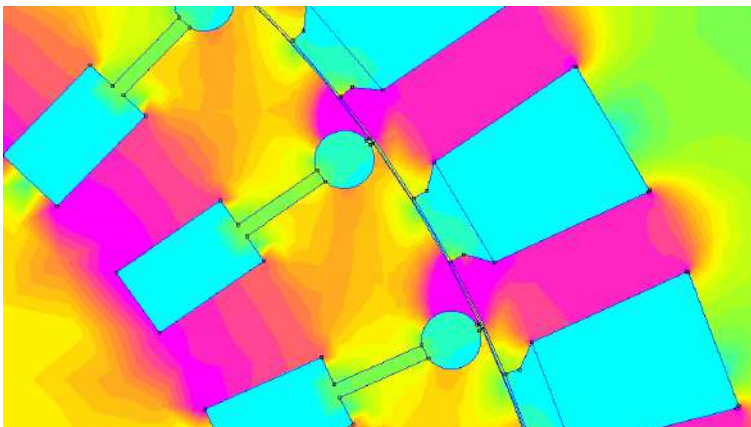


Рисунок 1 – Тонированное распределение МИ в зубцово-пазовой зоне ААД

Показанное уточнение значения момента позволяет ААД соответствовать требованиям технических условий, по которым для данного ААД вращающий момент  $M_N \geq 6,7$  Н·м.

### Литература:

- 1 Милых В.И. Теория и практика электромагнитных полей и процессов в электротехнике: уч. пособие. – Харьков: ФЛП Панов А.Н., 2018. – 374 с.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ НА БЛОКАХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Минко А.Н.<sup>1)</sup>, Шевченко В.В.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> *Частная научно-производственная фирма «Анкор-Теплоэнерго»,*

<sup>2)</sup> *Национальный технический университет «Харьковский  
политехнический институт», г. Харьков*

В последние десятилетия в Украине и за рубежом особое внимание уделяется вопросам повышения надежности работающего электрооборудования с целью продления срока его эксплуатации. Ведется непрерывная работа по созданию новых систем мониторинга состояния и диагностики генераторов на территории электрических станций (ЭС). Особое внимание следует уделять диагностике состояния генераторов тепловых ЭС – турбогенераторов (ТГ), умению определять состояние их узлов и элементов, своевременно обнаруживать зарождающиеся (скрытые) дефекты и определять скорость их развития. В первую очередь необходимо диагностировать состояние элементов ТГ, отказ которых приводит к наиболее тяжелым авариям: дефекты вала и бандажных колец ротора, сердечника и обмотки статора, системы подвески сердечника к корпусу ТГ и т.д.

Опыт проведения ремонтных работ на блоках станций позволяет утверждать, что наиболее информационным каналом в режиме *on-line* является вибродиагностика. Изменение вибросостояния ТГ позволяет более направленно проводить исследования во время остановки на ремонт, выявляет дефекты, которые не проявлялись во время эксплуатации, что позволяет выполнять предупредительные ремонты, т.е. ремонты «по техническому состоянию», которые в настоящее время является практической альтернативой планово-предупредительным ремонтам, от которых в настоящее время постепенно отказываются.

В итоге можно выделить три группы средств контроля технического состояния ТГ на блоке станции: эксплуатационный штатный контроль; эксплуатационный периодический контроль и операционный ремонтный контроль, который должен выполняться с минимальным демонтажем генератора и обеспечивать получение более полной и достоверной информации о его техническом состоянии по сравнению с традиционными методами диагностики.

Для проведения диагностических, ремонтных и модернизирующих работ с турбогенераторным оборудованием предлагается использовать результаты исследований изложенных в [1–3].

### Литература:

1. Шевченко В. В. Анализ электромагнитных вибрационных сил в элементах крепления статора турбогенератора к корпусу при ненормальных режимах работы / В. В. Шевченко, А. Н. Минко, А. В. Строкоус // Електротехніка і Електромеханіка. – 2018. – № 5. – С. 29–33
2. Шевченко В. В. Оптические методы контроля состояния изоляции обмоток статора турбогенератора / В. В. Шевченко, А. Н. Минко // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: наук. вид. : тези доп. 25-ї міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD–2017, [17-19 травня 2017 р.]: у 4 ч. Ч. 2 / ред. Є. І. Сокол. – Харків : НТУ "ХПІ", 2017. – С. 179.
3. Minko A., Shevchenko V. Turbogenerators of new generation with various cooling systems. – Problems of modern power engineering and automation in the system nature management (theory, practice, history, education) Proceedings of the VII International Scientific-Technical Conference. – Kyiv, 23-27 of May, 2018. – Pp. 90–92.



## КОМПЛЕКСНИЙ ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД НА БАЗІ ПРОГРАМОВАНОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА

Оробчук Б.Я., Баран М.З.

*Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя,  
м. Тернопіль*

У зв'язку з впровадженням мікропроцесорних елементів в системах керування електропостачанням актуальною є розробка стендового обладнання, яке дозволить вивчати та досліджувати технічні можливості і характеристики програмованих логічних контролерів, а також може бути використано для практичної підготовки фахівців електроенергетичних спеціальностей [1].

Спроекований лабораторний стенд відповідає критеріям універсальності, має достатню технічну базу для проведення лабораторних робіт, ознайомлення студентів із реальними технічними пристроями, що використовуються на виробництві, має можливості модульного доповнення, розширення функціональних можливостей. Загальний вигляд лабораторного стенду представлена на рис. 1. На базі цього стенду можна проводити наступні лабораторні роботи:

- основи роботи у середовищі CodeSys з використанням програмованого логічного контролера;
  - керування режимами роботи асинхронного електродвигуна;
  - програмування таймерів для проектування логічних електричних кіл;
  - програмування за допомогою символів, створення програм з функціональними блоками і блоками даних;
  - використання програмованого логічного контролера для розробки систем автоматики на прикладі терморегулятора;
  - дистанційне керування інтелектуальним електронним пристроєм з допомогою програмованого логічного контролера
- Рисунок 1 – Лабораторний стенд через стандартні протоколи зв'язку та ме-



режу Internet. В роботі розвивається погляд на програмовані логічні контролери як на складну інтелектуальну систему. Запропонований лабораторний стенд дозволить підвищити якість навчання, оскільки дозволяє вивчати технологічні можливості сучасного електротехнічного обладнання, наочно демонструвати різні режими роботи з використанням аналогових та мікропроцесорних пристроїв захисту, а також імітувати реальні режими роботи виробничих процесів.

### Література:

1. Bogdan Orobchuk, Ivan Sysak, Serhii Babiuk. Development of simulator automated dispatch control system for implementation in learning process // 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)

## **К ВОПРОСУ ВЫБОРА ДВИГАТЕЛЯ ПРИ БАКАЛАВРСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ДВУХЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА С КРУТОНАКЛОННЫМ УЧАСТКОМ**

**Осичев А.В., Ткаченко А.А., Почапский Б.Д.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Выбор двигателя является базовой задачей при проектировании электроприводов. В простейшем случае (например, в текущем учебном процессе) выбор можно произвести по мощности, скорости и напряжению, при реальном же проектировании задача многократно сложнее, требует широкого подхода, серьезной квалификации и наличия всех необходимых технических данных. При бакалаврском и магистровском проектировании нельзя останавливаться на примитивном выборе, но по лимиту времени исполнения и объема пояснительной записки невозможно выполнить полновесную проработку вопроса. Определение достаточного уровня сложности в постановке указанной задачи должно выполняться руководителем индивидуально в каждом конкретном случае электропривода и способностей студента.

На примере электропривода конвейерной установки перечислим вопросы, связанные с выбором двигателя, которые представляется возможным решить в ходе бакалаврского проектирования.

Имеем общий вид конвейера с его размерами, производительностью и номинальной скоростью движения лент. Он работает в режиме S1, что упрощает расчеты. Для определения необходимой мощности в столь сложном механизме применим метод тягового расчета с обходом по контуру каждой из взаимосвязанных лент, но реализуем его в пакете Maple для простоты последующих возможно неоднократных корректирующих расчетов. Уточним номиналы напряжений питающей сети на аглофабрике. Хорошо, если это 380 В или 660 В, иначе подобрать двигатель будет сложнее. Зная передаточное число редуктора (или задавшись им), определяем скорость двигателя. Учитываем актуальность повышенного пускового момента для выбранной машины, класс защиты и профилированность (для карьеров и аглофабрик). Такие двигатели имеются в серии 4А, но их ряд мощностей ограничен значениями 45, 55 и 90 кВт в зависимости от скорости. Кроме того, они двухклеточные, что сильно усложнит построение механической характеристики АД в проекте и его моделирование в Матлабе-SimPower, так как справочник Кравчика А.Э. содержит данные Г-схемы замещения двигателей с одним роторным контуром, а повышение пускового момента имитируется явлением вытеснения тока. Другого же столь подробного справочника не существует, несмотря на обилие поверхностной информации. А чтобы выбрать далее энкодер, надо знать диаметр вала двигателя; чтобы подключить его к преобразователю частоты – допустимую крутизну фронтов напряжения; чтобы обеспечить задачи регулирования – допустимый диапазон регулирования собственно двигателя и многие другие данные. Если учесть, что на исполнение бакалаврского проекта в учебном плане отведено всего три недели, то необходимость упрощения задачи становится очевидной. Но работа выполнена.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С СИНУСОИДАЛЬНОЙ ШИМ НА ОСНОВЕ ТРАДИЦИОННЫХ И SiC IGBT МОДУЛЕЙ**

**Павлюков Н.В., Ивахно В.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

На современном этапе развития силовой электроники важную роль играют преобразователи с синусоидальной ШИМ для электропривода. Классическими схемами преобразователей являются двух- и трехуровневые инверторы, но мощные и высоковольтные силовые преобразователи плохо поддаются миниатюризации. Это связано с необходимостью рассеивания тепла, что является сложной задачей для компактных схем. Поэтому стоит вопрос снижения потерь в ключах полупроводниковых преобразователей. На текущий момент совершенствование силовых модулей на кремниевой основе исчерпало себя, и стоит вопрос о применении новых материалов. Это позволит не только повысить экономическую эффективность, но и создать ключи с принципиально новыми свойствами.

На данный момент прогрессивными являются гибридные IGBT модули. В них вместо традиционных кремниевых антипараллельных диодов используются диоды Шоттки, выполненные из карбида кремния ( $SiC$ ). По заявлению производителей, динамические потери включения силовых транзисторов инвертора, с гибридными IGBT модулей, оказываются заметно ниже, чем в преобразователях, построенных на обычных кремниевых компонентах аналогичного токового класса. Применение карбидокремниевых компонентов позволяет упростить систему охлаждения и повысить плотность мощности готового преобразователя. Особенно наглядно преимущества  $SiC$ -структур проявляются на высоких частотах коммутации, что влечет за собой уменьшение габаритов фильтров [1].

В работе проводится расчет потерь в силовых ключах преобразователя с синусоидальной ШИМ с использованием классических и гибридных IGBT модулей. Также проводится определение потерь в силовых ключах преобразователей, в том числе динамических, в пакете Matlab по методике [2]. Также дается оценка частоты ШИМ, при которой наблюдается примерное равенство статических и динамических потерь в силовых ключах традиционной и гибридной технологий.

### **Литература:**

1. Is Only Full SiC the „Real“ SiC? [Электронный ресурс]/ S. Häuser // Режим доступа к статье: <https://www.semikron.com/dl/service-support/downloads/download/semikron-article-is-only-full-sic-the-real-sic-en-2016-04-01/>
2. Замаруев В.В., Ивахно В.В. Определение динамических потерь в полупроводниковых ключах устройств силовой электроники в среде MATLAB/Simulink // Проектирование инженерных и научных приложений в среде MATLAB: материалы V Международной научной конференции. Харьков: «БЭТ», 2011. С. 623–631. ISBN 978-966-1536-66-0

## **МОДЕЛЮВАННЯ МУЛЬТИФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ІНДУКЦІЙНИХ КУХОННИХ ПЛИТ**

**Пантелят М.Г., Грищук Ю.С., Чепелюк О.О., Єлосєв А.К.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Представляє значний інтерес дослідження мультифізичних (електромагнітних, теплових і механічних) процесів, що протікають в індукційних плитах в процесі їх експлуатації. У даній роботі виконано огляд і аналіз публікацій, присвячених мультифізичному комп'ютерному моделюванню процесів і явищ в індукційних кухонних плитах, і визначення напрямків подальших досліджень. У вітчизняній науково-технічній літературі наразі майже не знайдено робіт, присвячених розробці та реалізації інженерних та чисельних методик розрахунку та проектування індукційних кухонних плит. У закордонних виданнях відповідних публікацій теж небагато. Серед методик розрахунку, які зустрічаються у розглянутих роботах, слід особливо зазначити метод скінчених елементів, який використовується для комп'ютерного аналізу зв'язаних двовимірних і тривимірних електромагнітного та теплового полів у конструкціях індукційних кухонних плит. В якості прикладу, на рис. 1 показано двовимірний розподіл амплітудних значень щільності вихрових струмів у конструкції індукційної кухонної плити, отриманий з використанням метода скінчених елементів.

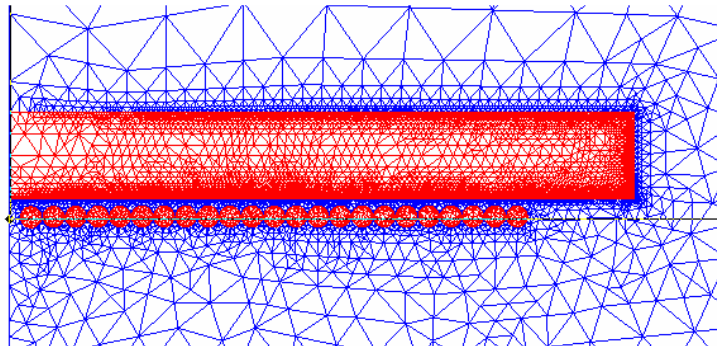


Рис. 1 Розподіл амплітудних значень щільності вихрових струмів

Пропонується застосувати метод скінчених елементів для комп'ютерного аналізу зв'язаних електромагнітних, теплових і механічних процесів у посуді, що нагрівається, а також в індукторі та магнітопроводі індукційної кухонної плити, враховуючи залежності електрофізичних, теплофізичних і механічних властивостей матеріалів від температури, а також нелінійні магнітні властивості (основні криві намагніченості) феромагнітних матеріалів. Математичне моделювання розподілу зв'язаних полів доцільно розпочати у двовимірній постановці. Запропонована методика розробляється на основі методів комп'ютерного моделювання відповідних процесів у промислових індукційних нагрівачах з урахуванням конструктивних особливостей та режимів роботи індукційних кухонних плит.



## **ВЫБОР «КРИТЕРИЯ РАЗРУШЕНИЙ» УЗЛОВ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ, РАБОТАЮЩИХ В НЕНОМИНАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ**

**Петренко Н. Я., Шевченко В. В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

В последние время усилилось внимание к обеспечению надежности работы турбогенераторов (ТГ) в неноминальных режимах, например, при переводе ТГ в режим неполной нагрузки для поддержания устойчивой работы электрических сетей, [1]. На заводах-изготовителях расчеты на прочность проводят для номинальных режимов (S1), но работа с изменением нагрузки требует учитывать особенности работы ТГ в динамических режимах. Определять причину разрушений отдельных элементов ТГ необходимо в комплексе, т.е. учитывать скорость приложения нагрузки, изменение температуры отдельных узлов и изменение прочности материала в переходных режимах, необходимо различать разрушений виды: хрупкое разрушение, разрушение с переходом в пластическое состояние, необратимое деформирование, [2,3]. В работах некоторых исследователей при анализе динамических разрушений используют понятие «эффект динамической ветви», т.е. возможность материалов выдерживать нагрузки, превосходящие их статический предел прочности  $\sigma_{тек}$ . Для объяснения этого явления необходимо уметь определять реальные пределы нагружения, приводящие к разрушению, используя различные критерии разрушения:

1) критерий минимального времени Шоки-Кальтхоффа определяет, что разрушение происходит, когда динамический коэффициент интенсивности превосходит динамическую вязкость разрушения, происходящего в течение некоторого промежутка времени. В этом методе учитывается, что разрушение - процесс не мгновенный, а интегральный, и что разрушение происходит не в момент достижения нагрузкой предельного значения для данного материала, а с задержкой;

2) при оценке возможности разрушения по импульсному критерию Никифоровского-Шемякина учитывают, что при увеличении скорости нагружения возможно превышение статического предела прочности. Этот критерий работает только при динамических испытаниях, т.е. когда нагружение происходит короткими импульсами, и только для сред, в которых отсутствуют дефекты;

3) для наших исследований определения предела прочности элементов ТГ наиболее интересен критерий «инкубационного времени», который базируется на концепции затухания «памяти» о нагружении. При этом величину интенсивности внешнего воздействия заменяют функцией затухания нагрузки. Критерий инкубационного времени позволяет оценить прочностные свойства материала в широком диапазоне изменения параметров внешнего воздействия, что наиболее приемлемо для установления возможных разрушений в ТГ.

### **Литература:**

1) Шевченко В.В., Космин С.М. Особливості роботи приводних двигунів технологічних насосів реакторної зони АЕС // Вісник Кременчуцького ДУ ім. Михайла Остроградського, вип. 4/2010 (63), частина 2. – 2010 - С. 79-83. 2) Шевченко В.В. Особенности пуска и самозапуска электродвигателей собственных нужд атомных электростанций // Вестник НТУ «ХПИ», № 46, 2010. - С. 226-234. 3) Шевченко В.В., Дубяга Р.В. Роль атомных электростанций в электроснабжении Украины и безопасность их эксплуатации // Москва: Электрика. - № 7. - 2012. - С. 34 – 39.

## БЕСКОЛЛЕКТОРНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА. СИЛОВАЯ СХЕМА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Плотников В.А., Крылов Д.С.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Бесколлекторные двигатели получили широкое применение благодаря своим преимуществам перед остальными типами двигателей: высокий момент и КПД, линейная механическая характеристика, широкий диапазон регулирования. Двигатель, используемый в данной работе, – *BLDC* (синхронный двигатель переменного тока с постоянными магнитами на роторе и обмотками на статоре). Ключевая особенность двигателя *BLDC*, отличающая его от других бесколлекторных машин – трапецеидальная форма противо-ЭДС. Такая форма противо-ЭДС в теории должна обеспечивать постоянный момент на валу двигателя.

В работе были рассмотрены основные методы коммутации, обеспечивающие оптимальную работу трехфазного инвертора напряжения, на базе которого строится силовая схема преобразователя. Трехфазная схема подключения обмоток статора является наиболее распространенной. Она предлагает компромисс между точностью управления и количеством силовых электронных устройств, необходимых для управления токами статора [1].

При использовании 6-ти ступенчатой коммутации будут присутствовать пульсации тока каждые 60 градусов из-за невозможности установить мгновенно в фазе двигателя момент (рисунок 1(а)). Если двигатель имеет синусоидальную форму обратной ЭДС, зависимость момента от угла имеет вид, показанный на рисунке 1 (б).

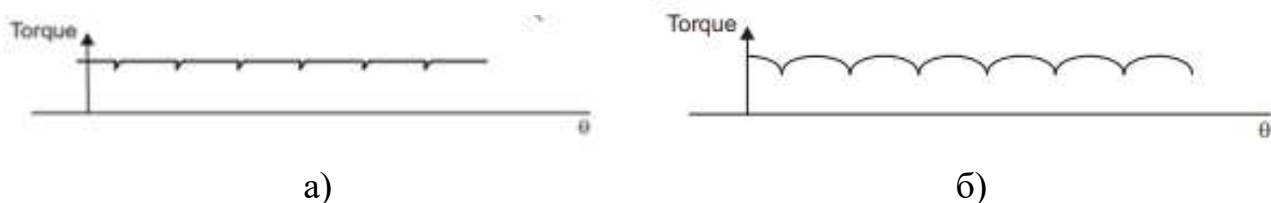


Рисунок 1 - зависимость момента от угла поворота для трапецевидной (а), и для синусоидальной формы противо-ЭДС(б) [2].

В результате имеем момент, составленный из частей синусоиды. Полученное значение момента будет слабее, чем при трапецевидной ЭДС.

Также в работе рассмотрены проблемы выбора силовых ключей с необходимыми энергетическими показателями, драйверов, датчиков тока и расчет цепей защиты транзисторов.

### Литература:

1. Freescale Semiconductor Application Note: BLDC Motor with Quadrature Encoder and Speed Closed Loop, Driven by eTPU on MPC5554/Rev. 1, 05/2006.
2. Texas Instruments Application Report: Sensorless Trapezoidal Control of BLDC Motors/ September 2015.

## ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ В SMART HOME

Полтавцева О.А., Фетюхіна Л.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Для чіткого визначення цілей при впровадженні енергозберігаючих технологій при проектуванні необхідно виконати ряд дій: виміри, аналіз і вдосконалення управління. Початкові вимірювання, спільно з вхідними даними, дозволять зрозуміти наскільки ефективно витрачається енергія, визначити область основних модернізацій і зробити прогноз оцінки ризиків при використанні цих технологій. Далі застосовуються заходи пасивного енергозбереження: заміна пристроїв з високим енергоспоживанням, забезпечення стабільної якості електричної енергії. Наступним етапом є активне енергозбереження, яке визначається як ефективний моніторинг, вимір і контроль використання енергії. Оскільки система smart house передбачає використання принципів автоматизації на раціонального використання ресурсів (в тому числі і альтернативних джерел енергії), то дослідження конфігурацій режимів роботи гібридної системи відповідно до визначеного завдання, з урахуванням даних про час доби, погоди на вулиці, освітленості тощо, окреслило напрямок розробки.

Найбільш поширена гібридна система електропостачання (ГСЕ), що представлена на рис.1, має в своєму складі, як правило, три незалежних джерела електроенергії: вітроенергетичну установку (ВЕУ), фотоелектричні панелі (ФЕП) дизель-генератор (ДГ) [1]. Виконано моделювання сумісної роботи системи керування ГСЕ, що забезпечує моніторинг діагностики енергетичної ефективності гібридної системи шляхом відстеження роботи контролерів, інверторів, акумуляторних батарей, і системи smart house, яка включає постійну реєстрацію показань датчиків, видає при необхідності прогноз, в тому числі і дистанційно з використанням Інтернету. Результати моделювання дозволили створити алгоритм управління, що забезпечує мінімальні втрати при використанні поновлюваних джерел енергії.

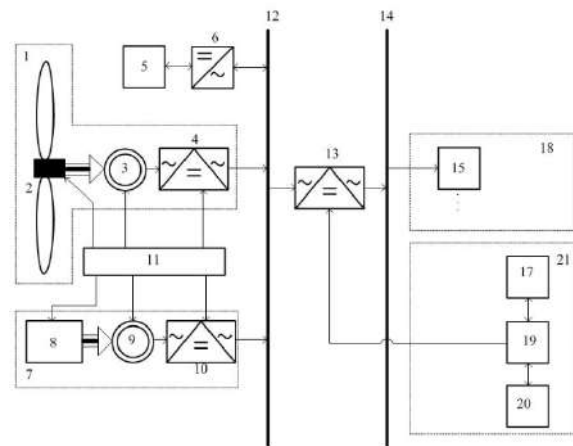


Рисунок 1– Блок-схема ГСЕ

### Література:

1. Удалов С. Н. Возобновляемые источники энергии. Учебник/С.Н.Удалов. -Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. – 459 с.
2. R.A1 Badwawi1, T.K.Mallick. A Review of Hybrid Solar PV and Wind Energy System // Smart Science – 2015, V.3, №3. – P. 127–138.

## АКТИВНЫЙ УПРАВЛЯЕМЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

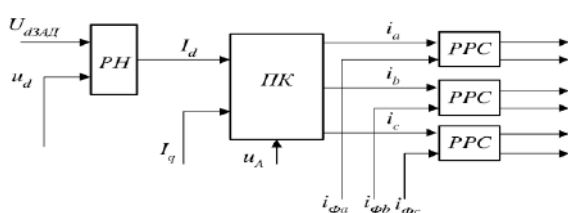
Попов С.О., Крылов Д.С.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Современные нормы потребления электроэнергии преобразователями предъявляют повышенные требования к качеству электроэнергии и энергосбережению. Традиционные преобразователи электропривода не удовлетворяют этим требованиям. Их общим недостатком можно назвать значительное искажение тока, потребляемого от сети переменного напряжения и, как следствие, низкий коэффициент мощности при значительном коэффициенте гармоник. Поэтому современной наукой предлагается использование не традиционных преобразователей, построенных на базе неуправляемого выпрямителя с емкостным фильтром, а использование более совершенного устройства.

Этим устройством по праву можно назвать трёхфазный активный управляемый выпрямитель напряжения (АВН). В этих преобразователях улучшен гармонический состав тока, потребляемого из сети и близкий к единице коэффициент мощности при синусоидальном сетевом токе. Это те преимущества, которые позволяют эффективно использовать активный управляемый выпрямитель в: системах электроснабжения с неглубоким регулированием выходного напряжения; для получения стабильного постоянного напряжения от сети переменного тока с возможностью рекуперации энергии; в качестве первого звена в двухзвенных преобразователях для питания асинхронных двигателей.

Структурная схема системы управления активным выпрямителем напряжения приведена на рис.1. В ней заданные значения токов формируются внешним регулятором напряжения (РН), которые поступают к преобразователю координат (ПК). ПК также имеет вход задания реактивной составляющей тока, что позволяет формировать входной ток АВН с заданным коэффициентом мощности. ПК осуществляет преобразование из вращающейся системы координат  $I_d$ ,  $I_q$  (активная и реактивная составляющая входного тока АВН) с частотой  $\omega$  (угловая частота напряжения сети), в неподвижную систему координат  $a$ ,  $b$ ,  $c$ .



$$\begin{aligned} i_a &= I_d \cdot \sin \omega t + I_q \cdot \cos \omega t \\ i_b &= I_d \cdot \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right) + I_q \cdot \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \\ i_c &= I_d \cdot \sin \left( \omega t + \frac{2\pi}{3} \right) + I_q \cdot \cos \left( \omega t + \frac{2\pi}{3} \right) \end{aligned}$$

Рисунок 1- структурная схема системы управления АВН.

# **ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ МАГНИТНОГО ПОЛЯ АСИНХРОНИЗИРОВАННОГО ТУРБОГЕНЕРАТОРА В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА**

**Потоцкий Д.В., Шевченко В.В.**

***Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», м. Харьков***

Моделирование магнитного поля АСТГ производилось с использованием программы *FEMM*. В качестве объекта исследования выбран асинхронизированный генератор АСТГ-200-2УЗ производства «Завод ГП «Электротяжмаш» (г. Харьков), имеющий следующие номинальные параметры: мощность  $P_N=200$  МВт, фазное напряжение статора  $U_N=15,75$  кВ, ток статора  $I_N=8625$  А; коэффициент мощности  $\cos\varphi_{sN}=0,85$ ; частота в сети  $f_s=50$  Гц. Геометрические размеры АСТГ: внешний диаметр статора  $d_{se}=2,43$  м; активная длина статора и ротора  $l_s=2,7$  м; воздушный зазор  $\delta=77,5$  мм; внешний диаметр ротора – 1,12 м, числа пазов статора  $Q_s=30$  и ротора  $Q_r=44/48$ .

На статоре расположена трехфазная симметричная двухслойная обмотка, на роторе – две симметричные обмотки, сдвинутые на  $90^\circ$ , число последовательных витков фазной обмотки статора  $N_s=10$ ; число эффективных проводников в стержне статора  $N_{cs}=1$ ; число витков обмотки ротора  $N_r=90$ ; число эффективных проводников в пазу ротора  $N_{cr}=5$ .

В обмотке статора индуцируется симметричная трехфазная система фазных токов:  $i_{sA} = I_{ms}\cos(\omega t)$ ;  $i_{sB} = I_{ms}\cos(\omega t - \frac{2}{3}\pi)$ ;  $i_{sC} = I_{ms}\cos(\omega t - \frac{4}{3}\pi)$ , где  $t$  – время;  $I_{ms}$  – амплитуда,  $\omega$  – угловая частота. В начальный момент при  $t=0$  токи в фазных обмотках  $A$ ,  $B$  и  $C$  составляют  $i_{sA} = I_{ms}$ ,  $i_{sB} = i_{sC} = 0,5 \cdot I_{ms}$ . На внешнем диаметре статора задано граничное условие Дирихле.

Расчетная модель АСТГ и картина магнитного поля в режиме холостого хода показана на рис. 1.

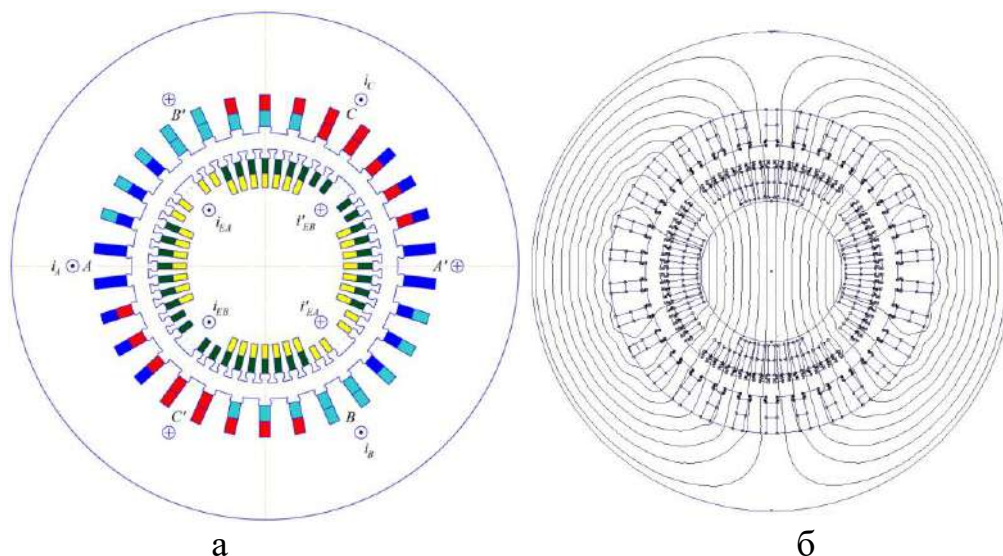


Рисунок 1 – Расчетная модель электромагнитной системы АСТГ в его поперечном сечении (а) и картина магнитного поля в режиме холостого хода (б)

# РЕЙКОВИЙ ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ З СИСТЕМОЮ МІНІМІЗАЦІЇ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ТЯГУ

Сидоренко А. М., Яцько С. І.

*Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків*

Найбільшою складовою витрат електричного транспорту є витрати електроенергії на тягу (близько 70%). У даний час основним інструментом скорочення тягових витрат є використання рекуперативного гальмування. Але існуючі технічні обмеження зменшують можливість повноцінного його застосування, та за попередніми підрахунками дозволяють повертати лише 10% енергії, затраченої на прискорення [1, 2]. Що особливо актуально для електричного рухомого складу міського та приміського сполучення.

Одним з найбільш перспективних напрямків вирішення проблеми застосування рекуперативного гальмування на транспорті є використання бортових ємнісних накопичувачів енергії [2]. Після акумулювання енергії від рекуперативного гальмування виникає необхідність пошуку ефективного її використання. Запропоноване нами рішення повторного використання накопиченої енергії, як додаткового джерела живлення тягового електроприводу, для стабілізації струму споживання  $I_{FC}$  з контактної мережі, сприяє зниженню нерівномірності споживання енергії з контактної мережі та дозволяє уникнути додаткових витрат при передачі потужності до електро рухомого складу (рисунк 1).

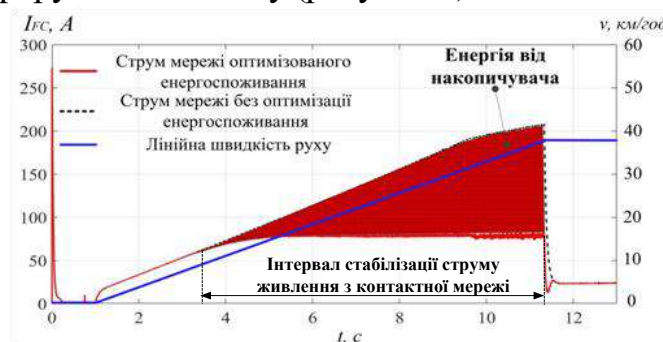


Рис. 1 – Оптимізація транзиту потужності через контактну мережу

## Висновки

Спираючись на результати імітаційного моделювання, запропоноване схемне рішення тягового асинхронного електроприводу з бортовим накопичувачем енергії та алгоритм керування енергообмінними процесами в системі «тяговий електропривод – бортовий накопичувач», в тому числі з метою зниження нерівномірності споживання електроенергії з контактної мережі.

## Література:

1. S. Yatsko, B. Sytnik, Y. Vashchenko, A. Sidorenko, B. Liubarskyi, I. Veretnikov, M. Glebova Comprehensive approach to modeling dynamic processes in the system of underground rail electric traction // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies – 2019. - №1 (97). – pp. 48 – 57. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.154520

2. Г.Г. Жмеров, Н.А. Ильина, Д.В. Тугай, О.И. Холод / Системы электроснабжения метрополитена с современными полупроводниковыми преобразователями и накопителями энергии // Электротехника і Електромеханіка. – 2013. - №1. – С. 41-49.



## **СИСТЕМА ВІДДАЛЕНОГО КЕРУВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ**

**Склярів В.С., Стисло Б.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В результаті розвитку елементної бази і, як наслідок, широкого використання перетворювачів електричної енергії в промисловості і побутовій техніці, розробниками перетворювальної техніки приділяється значна увага вдосконаленню як силовій частини перетворювачів, так і їх систем керування. Окрім появи нових схем перетворювачів, розвитку набувають і широко відомі схеми за рахунок застосування нових алгоритмів керування, які до теперішнього моменту не могли бути реалізовані в силу складності виконання необхідних дій, математичних обчислень або можливості дистанційного керування ними.

Сьогодні, системи промислової електроніки дозволяють здійснювати контроль за параметрами об'єктів керування в умовах реального часу, збір даних про їх поточний стан і, при необхідності, віддалено вносити зміни в налаштування системи керування. Особливо актуальними є системи віддаленого керування об'єктами, що розміщені в умовах небезпечних для людського здоров'я, або у важкодоступних місцях. Таким чином, розробка подібних систем дистанційного керування і моніторингу є актуальною науково-прикладною задачею.

Запропонована система виконує наступні функції:

- *дистанційне керування* - оператор має можливість віддалено здійснювати налаштування параметрів перетворювача електричної енергії, зміну характеристик і режимів його роботи.

- *дистанційний моніторинг* - візуалізація даних в режимі реального часу з можливістю індивідуального налаштування кількості і типу параметрів, що дозволяють відслідковувати необхідну інформацію про поточний стан об'єкта.

- *облік даних* – інформація про всі параметри, що надходить з віддаленого перетворювача електричної енергії заноситься до бази даних, що дозволяє вести безперебійний архів і відстежувати контрольовані параметри за необхідний період роботи системи.

Для забезпечення віддаленого керування можуть бути застосовані широко відомі інтерфейси та протоколи передачі даних, що застосовують як провідну так і без провідну передачу даних з відповідним рівнем захисту. На сьогоднішній день, поставлену задачу віддаленого керування дозволяє досить легко вирішити широке розповсюдження глобальної мережі Internet та доступність Wi-Fi модулів (наприклад, ESP-8266, що містять у своїй структурі швидкодіючий 32-розрядний контролер) для передачі даних за захищеним каналом та можливістю їх сполучення із керуючим контролером перетворювача.

## **МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЫПРЯМИТЕЛЕМ**

**Скрынник А.А, Ересько А.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Традиционными средствами уменьшения проникновения высших гармонических составляющих в промышленную сеть от различного рода преобразователей является применение пассивной фильтрации. В ряде случаев применение активного выпрямителя также позволяет решить проблемы повышения качественных показателей потребляемой электрической энергии.

Активный выпрямитель (АВ) по экономическим соображениям целесообразно применять при мощностях нагрузки более 100 кВт и напряжениях больше 380 В, при этом частота ШИМ редко поднимается выше 5 кГц.

Регулирование величины входного тока выпрямителя обеспечивается микроконтроллерной системой управления (СУ) с ШИМ. При этом потребляемый АВ ток, как и в корректоре коэффициента мощности, должен совпадать по фазе с входным напряжением сети и иметь синусоидальную форму.

Качество опорного синусоидального сигнала СУ, определяет качество потребляемого из сети АВ тока, при этом амплитуда опорного сигнала должна изменяться от нуля до максимального значения. Синусоидальный опорный сигнал может быть получен различными способами и зависит от быстродействия контроллера СУ (вычисление в режиме «OnLine» либо табличное задание на этапе программирования), в любом из приведенных вариантов результат сигнала задания должен быть целочисленным, что обусловлено архитектурой микроконтроллера. При этом возникает проблема при масштабировании дискретных целочисленных значений опорного сигнала.

Анализ показал, что искажения опорного сигнала, связанные с округлением, заметны на низких частотах ШИМ и малых амплитудах сигнала, в этом случае THD достигает 12%, что превышает значения, регламентируемые действующими стандартами.



## МОДЕЛЬ АККУМУЛЯТОРНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ БОРТОВОЙ СЕТИ 400 Гц

Тимченко Н.А., Ведмидь И.В.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

В работе представлена Simulink – модель (рис.1) преобразователя постоянного напряжения аккумулятора в переменное напряжение 400 Гц.

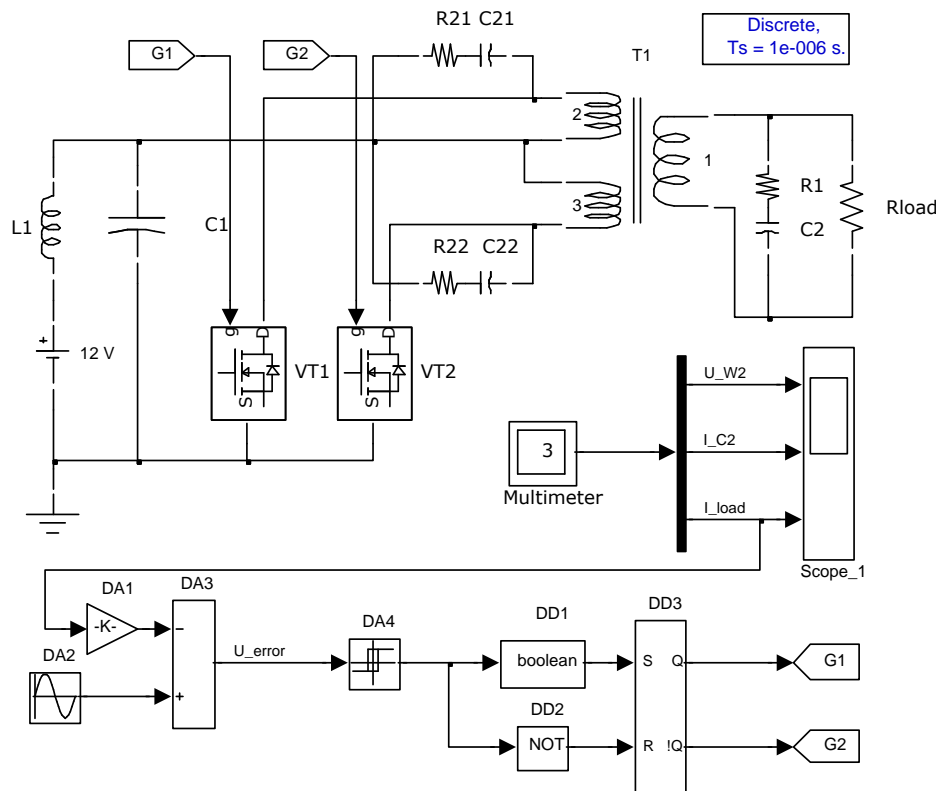


Рисунок 1

Опорный синусоидальный сигнал частотой 400 Гц формируется микросхемой DA2, микросхема DA1 выполняет нормирование максимального тока нагрузки к единичному уровню. Разностный сигнал  $U_{error}$  обрабатывается двухпороговым компаратором DA4, выходной сигнал которого через RS-триггер на микросхеме DA3 поочередно управляет MOSFET-транзисторами VT1, VT2.

Входной фильтр L1-C1 ослабляет гармоники тока, потребляемого от аккумулятора, удвоенной рабочей частоты. Выходной резонансный фильтр образован индуктивностью рассеяния вторичной обмотки повышающего трансформатора T1 и цепочкой R1-C2.

В результате моделирования процессов при различной обработке разностного сигнала  $U_{error}$  выявлено, что наименьший спектр гармоник, отличающихся от основной гармоники частоты 400 Гц, формируется в следящей системе по току нагрузки.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЯ БУКСОВАНИЯ КОЛЕС РУДНИЧНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА ПО КОЛЕБАНИЯМ В КРИВОЙ ТОКА**

**Тимощенко А.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Избыточное проскальзывание колес (буксование, юз) в рудничном электровозном транспорте, из-за сложных условий эксплуатации в шахтах, таких как влага, угольная или породная пыль сопровождается снижением производительности работы в режиме тяги, и безопасности движения в режиме торможения (юза).

Наиболее распространенным способом повышения коэффициента сцепления колес с рельсами, и как следствие устранения буксования или юза, является подсыпка песка под ведущие колеса электровоза. Такой способ, устранения избыточного проскальзывания колес относительно рельс требует постоянной доставки песка, кроме того приводит к сокращению ресурса работы бандажей и рельс и осуществляется вручную. С избыточным скольжением также возможно бороться средствами электропривода, в данной работе предлагается путем удержания рабочей точки электромеханической системы (ЭМС) рудничного электровоза в зоне упругого скольжения характеристики сцепления, т.е. на восходящем участке[1], что позволит обеспечить больший коэффициент сцепления колес с рельсами, повысить производительность в режиме тяги и безопасность движения в режиме торможения. Это в свою очередь требует наличия средств автоматического обнаружения факта буксования и юза.

Предлагаемая система определения буксования сочетает в себе два способа определения буксования из тока тягового электродвигателя и реализуется в виде двух параллельных каналов[2]. Первый способ, обеспечивает определение факта буксования колес по фрикционным колебаниям, возникающих в таких режимах и передающихся на вал тягового электродвигателя в виде пульсаций упругого момента. Второй способ выявления буксования работает по принципу анализа изменения спектра частот и амплитуд колебаний в токе вызванных изменением силы нормального давления колес на рельсы, во время избыточного буксования или юза. Совместное использование продляемых систем позволяет обеспечить надежное обнаружение буксования при разных формах нелинейности нагрузки.

### **Литература:**

1. Клепиков В.Б. Динамика электромеханических систем с нелинейным трением: монография/ Харьков: Підручник НТУ "ХПІ", 2014, 407 с.
2. Клепиков, В.Б. 106792 Датчик визначення буксування та юзу коліс рудникових електровозів [Текст] / Клепиков В.Б., Тимощенко А.В. // Патенти і винаходи : Патенти - 2016.

## **ЗАСТОСУВАННЯ СТАНДАРТУ KNX ПРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЖИЛИХ І СУСПІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ**

**Чепелюк О.О., Зорін Є.Ю.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

У сучасних системах автоматизації будівель використовується цілий ряд різних стандартів зв'язку і KNX займає серед них почесне місце. Ця розробка рідко зустрічається в сегменті аматорських рішень, але в професійних системах вона застосовується вже давно, причому, вельми успішно:

- KNX - перша в світі стандартизована система автоматизації житлових і офісних будівель, що відповідає міжнародному стандарту (ISO / IEC 14543-3), європейським стандартам (CENELEC EN 50090, CEN EN 13321-1 і 13321-2), китайському стандарту (GB / Z 20965) та стандарту США (ANSI / ASHRAE 135).

- KNX має уніфіковану системну платформу, що дозволяє виробам KNX різних виробників легко взаємодіяти один з одним.

- Протоколи обміну даних і пристрої сертифіковані відповідно до стандарту KNX.

- KNX гарантує мережеву і функціональну сумісність пристроїв всіх рівнів і версій, що забезпечує її успішне застосування сьогодні і в майбутньому.

- Для програмування всіх пристроїв KNX незалежно від виробника використовується єдине програмне забезпечення.

KNX відрізняється своєю надійністю: незважаючи на наявність відразу кількох середовищ передачі даних, основні компоненти KNX-систем зазвичай об'єднуються воедино за допомогою спеціальних кабелів (2x2x0,8), причому в системі передбачений механізм підтвердження отримання пакетів, тобто якщо команда не дійшла до цільового пристрою, то вона відправляється повторно.

За допомогою KNX можна реалізувати: управління світлом; безпеку, контроль доступу (домофони), відеоспостереження; аудіо-відео розподіл; слабкострумові мережі контролю обладнання; клімат контроль.

У найпростішому варіанті дротова мережа KNX являє собою сегмент з топологією «лінія». Вона може включати в себе до 64 шинних пристроїв. Максимальна довжина однієї лінії становить 1 км, але за допомогою спеціальних підсилювачів це значення (а також граничне число пристроїв) можна збільшити в 4 рази. Кожен сегмент повинен мати власний блок живлення.

Бездротова версія KNX використовує частоту 868 МГц, при цьому на передачу сигналу від окремих пристроїв витрачається не більше одного відсотка ефірного часу, що дозволяє уникнути тривалих перешкод, які блокують радіоканал. Отже можна зробити висновок, що застосування стандарту KNX при автоматизації будівель забезпечує простоту і зручність в роботі, управлінні і контролі, дозволяє знизити експлуатаційні витрати, підвищити енергоефективність систем і забезпечити оптимальне управління інженерними системами будівлі.

## ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ

Чепелюк О.О., Пожидаєв В.Є.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Актуальність роботи обумовлена необхідністю проведення лабораторних досліджень режимів роботи перетворювачів частоти (ПЧ) для керування трифазними асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором з метою вивчення принципів та режимів роботи ПЧ; здобуття практичних навичок з їх вибору, встановлення, підключення, налаштування режимів роботи та експлуатації.

Мета роботи – розробка лабораторного стенду для дослідження режимів роботи ПЧ та методичних вказівок до лабораторної роботи.

Лабораторний стенд (див. рис.) втілює в собі «мобільну концепцію», суть якої полягає у тому, що він виконаний на окремому ДСП-каркасі і для подачі на нього напруги живлення він з'єднується зі стаціонарним лабораторним столом гнучким кабелем за допомогою трифазної вилки, що робить його мобільним (переносним), спрощує обслуговування та підвищує зручність користування ним. До складу лабораторного стенду входить перетворювач частоти ACS580-01-02A6-4 виробництва компанії АВВ, до якого підключені асинхронний двигун з короткозамкненим ротором, виносна (дистанційна) панель керування та цифровий вольтметр. До складу виносної панелі керування входять: кнопки та двопозиційні перемикачі (тумблери) для здійснення дистанційного керування через цифрові входи ПЧ; потенціометри для регулювання обертів та крутного моменту двигуна через аналогові входи ПЧ; світлодіоди для сигналізації функцій релейних виходів ПЧ.

Розроблено методичні вказівки до лабораторної роботи, що включають в себе: титульний лист; зміст методичних вказівок та два додатки у яких наведені контрольні запитання та правила оформлення звіту про виконання лабораторної роботи. У методичних вказівках



використано гіперактивні посилання на технічну документацію виробника ПЧ, що дозволить студентам отримувати також знання та уміння роботи з нею.

Дану роботу впроваджено у навчальний процес кафедри електричних апаратів НТУ «ХПІ» у вигляді лабораторного стенду для проведення лабораторної роботи «Дослідження режимів роботи регулятора частоти», що покращує якість навчального процесу на кафедрі, завдяки роботі з обладнанням та технічною документацією на практиці.

## **ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

**Черных М.А., Жемеров Г.Г.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Начало развития энергетики и электротехники как отрасли мирового народного хозяйства было положено в конце 19-го столетия изобретениями электрической лампы накаливания (Т. Edison), трансформатора (L. Gaulard, D. Gibbs), трехфазной машины переменного тока (N. Tesla, М. Dolivo Dobrowolski), а также предпринимательским чутьем и инициативой G. Westinghouse. Более 125 лет назад были заложены основные принципы построения систем электроснабжения (СЭ), а именно: использование трехфазных сетей переменного тока для передачи электроэнергии; централизованное производство электроэнергии на мощных электростанциях; синхронная работа генераторов электростанций, объединенных в единую энергосистему; однонаправленный поток энергии в системе электроснабжения от электростанций к потребителям; централизованное управление потоками энергии в системе электроснабжения. Эти принципы остаются в силе и в настоящее время [1].

В данной работе мы рассмотрим систему, которая получила название Smart Grid. Особенностью является то, что все потребители в любой момент могут подключиться к этой энергосистеме, и в любой момент отключиться от неё. Кроме того, они еще имеют право генерировать эту энергию и отдавать её в сеть. Кажется очевидным, что условием успеха практической реализации концепции Smart Grid является значительное общее уменьшение потерь электроэнергии при ее производстве, транспортировании и потреблении, получаемое в результате внедрения Smart Grid.

Уменьшение потерь энергии можно добиться разными путями. В данной работе мы рассмотрим применение активного выпрямителя. Рассмотрим активный выпрямитель в различных режимах работы, а также расчет и выбор индуктивности активного выпрямителя.

### **Литература:**

1. Сокол Е. И. Силовая электроника и концепция развития энергетики "Smart Grid" / Е. И. Сокол, Г. Г. Жемеров, Д. В. Тугай // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит = Energy saving. Power engineering. Energy audit. – 2013. – № 8. – Спец. вып. Т. 1 : К 50-летию со дня основания кафедры промышленной и биомедицинской электроники Национального технического университета "Харьковского политехнического института". – С. 7-16.<http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/8418>

## **ВИБІР ТИПУ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ РУДНИКОВОГО КОНТАКТНОГО ЕЛЕКТРОВОЗА**

**Шайда В.П., Петренко М.Я., Першин О.С.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Існуючий парк контактних рудникових електровозів оснащено тяговими двигунами постійного струму (ДПС), які вже не задовольняють потреб залізничних шахт. Пояснюється це тим, що електропривод з ДПС має: низьку енергоефективність та надійність (обумовлена наявністю щітково-колекторного вузла), вимагає регулярне технічне обслуговування двигуна та недостатнє тягове зусилля електровозу. Тому завдання модернізації, вдосконалення та заміни рудникових контактних електровозів, що знаходяться в експлуатації є достатньо важливим.

Щоб не відстати від передових виробників рудникових електровозів, необхідно визначитися з типом тягового двигуна для модернізації існуючого парку та створення нових електровозів. Тому задача обґрунтованого вибору типу тягового двигуна є достатньо актуальною.

Нині сучасні іноземні виробники електровозів використовують в якості тягового асинхронний двигун (двохфазний або трифазний) з частотним керуванням. Також є окремі розробки, в яких використовується ще два типи двигунів – SRM (інша назва вентильно-індукторний двигун) та синхронний двигун з постійними магнітами (різні його варіації). Тобто зараз для електропривода рудникових електровозів використовують чотири типи електродвигунів. Але зважаючи на те, що ДПС вже не влаштовує споживачів електровозів будемо розглядати тільки три типи електродвигунів.

Для оцінки електродвигунів будемо використовувати відомі методики порівняння. Тобто будемо порівнювати відповідні параметри електродвигунів: ефективність, питома потужність, середній час до виходу з ладу та ремонту, ремонтоздатність, шум, складність, об'єм та вартість.

Асинхронний двигун з короткозамкненим ротором, при наявності сучасної системи керування, практично не поступається по регульовальним властивостям ДПС. А по надійності, ваго-габаритним показникам, переважає його. Завдяки простоті конструкції та технології виготовлення він має низьку вартість. Тому він зараз є основним тяговим двигуном для рудникових контактних електровозів, що виготовляються закордонними виробниками.

Декілька програє асинхронний двигун SRM та синхронному двигуну з постійними магнітами. Але SRM має значні пульсації обертового моменту, що призводить до підвищеного рівня вібрації та шуму.

Найбільш перспективним є синхронний двигун з постійними магнітами, це пояснюється вищим рівнем ККД та коефіцієнтом потужності, в порівнянні з асинхронним двигуном. Він має менші габарити, широкий діапазон регулювання частоти обертання та обертового моменту, жорсткі механічні характеристики, але поки ще є складності при виготовленні та розміщенні магнітів на роторі.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПАУНДА КП-303Н ПРИ ПРОСОЧЕННІ ОБМОТКИ ЯКОРЯ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ**

**Шайда В.П., Юр'єва О.Ю., Вакулик П.С.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В цей час на електромашинобудівних підприємствах України для просочування обмоток електричних машин (ЕМ) широко застосовуються: лак КО-916К (вважається застарілим), компаунд ЕЛПЛАСТ-180ИД та компаунд КП-303Н.

Компаунд ЕЛПЛАСТ-180ИД досі посідає лідируюче місце серед електромашинобудівних підприємств України для просочення обмоток ЕМ. У 2017 році виробник ЗАО «Диэлектрик» (Росія) поліпшив властивості компаунда КП-303Н та задекларував його переваги в порівнянні з компаундом ЕЛПЛАСТ-180ИД, а саме:

- 1) компаунд КП-303Н є однокомпонентним та не потребує додаткового підігріву для зниження в'язкості при застосуванні;
- 2) втрати маси компаунду при отвердінні складають не більше 3 % (у ЕЛПЛАСТ-180ИД – 12 %);
- 3) компаунду властивий пришвидшений час отвердіння при температурі 160°C, що значно скорочує енергетичні та трудові втрати. Ця перевага найбільш вагома з нашої точки зору;
- 4) час життя (зберігання) компаунду у три рази більше;
- 5) компаунд залишається гнучким після запікання та не дає мікротріщин, забезпечує добру здатність для ремонту.

Впровадження у виробництво ЕМ компаунда КП-303Н дозволить підвищити якість і надійність машин, зменшити витрати на електроенергію, трудомісткість, а отже, і вартість самої електричної машини в цілому. Тому це питання актуально і важливо як для виробників, так і споживачів ЕМ.

Компаунд КП-303Н має явні переваги перед компаундом ЕЛПЛАСТ-180ИД, але остаточне їх підтвердження можна отримати тільки при випробуванні реальних ЕМ на виробництві та в експлуатації. Тому метою дослідження стало підтвердження переваг компаунда КП-303Н над компаундом ЕЛПЛАСТ-180ИД за допомогою експериментального дослідження його властивостей при просоченні обмотки якоря двигуна постійного струму 4ПНЖ200М.

Перевірка властивостей компаунд КП-303Н проводилась на підприємстві АТ «Електромашина» (м. Харків) при кліматичних випробуваннях двох якорів двигуна постійного струму 4ПНЖ200М, які були просочені цим компаундом. Застосовувався метод випробувань 207-1 за ГОСТ 16962.1-89, тобто тривале випробування на вплив вологості повітря. Випробування проводилися в камері-гігрозаті.

В цілому система ізоляції якорів двигуна постійного струму 4ПНЖ200М витримала випробування. Але залишилися питання до параметрів режиму запікання якорів, тобто потрібно продовжити дослідження.



## МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕКОСНИХ НАВАНТАЖЕНЬ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ КРАНА

Шамардіна В. М., Земцова К. О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Механізми пересування вантажопідйомних кранів мостового типу часто оснащуються індивідуальним асинхронним електроприводом, коли протилежні опори крана мають свій приводний двигун. В цьому випадку значно спрощується кінематична схема механізму, але в силу того, що кінематичні елементи мають не абсолютно ідентичні параметри і, крім того, двигуни мають різне навантаження, при русі крану виникає перекис металоконструкції моста, який приводить до збільшення механічних навантажень в електромеханічній системі крана (ЕМС) та прискорює знос механізму й рейок.

В роботі пропонується при дослідженні перекисних навантажень використовувати розрахункову трьохмасову схему ЕМС крану, математичний опис якої:

$$\begin{aligned} m_1 p^2 x_1 &= F_1 - F_{c1} - (f_{12} p + C_{12})(x_1 - x_2), \\ m_2 p^2 x_2 &= F_2 - F_{c2} + (f_{12} p + C_{12})(x_1 - x_2) - (f_{23} p + C_{23})(x_2 - x_3), \\ m_3 p^2 x_3 &= (f_{23} p + C_{23})(x_2 - x_3), \end{aligned} \quad (1)$$

де  $m_1, m_2, m_3$  – приведені до ободу коліс маси лівої й правої опор крану, вантажу;  $C_{12}, C_{23}$  – коефіцієнти жорсткості металоконструкції крану та підвісу вантажу;  $f_{12}, f_{23}$  – коефіцієнти демпфування металоконструкції крану й підвісу вантажу;  $F_{c1}, F_{c2}$  – статичний опір лівої та правої опор;  $F_1, F_2$  – рушійні зусилля приводних двигунів лівої й правої опор.

Перекис крану визначається за різницею між координатами правої  $x_1$  і лівої  $x_2$  опор, його величина залежить й від місця розміщення вантажопідйомного механізму відносно опор і коливань вантажу (координата  $x_3$ ).

Моделювання рушійних зусиль  $F_1$  і  $F_2$  здійснюється з урахуванням типу приводних двигунів, обраного способу їх пуску і регулювання швидкості. В силу великої інерційності механізму пересування електромагнітні процеси в двигунах можна не враховувати, а моделювання  $F_1$  і  $F_2$  виконати за статичними механічними характеристиками двигунів. Наявність зазорів в передаточних механізмах ЕМС крану враховується шляхом використання в моделі нелінійності типу «зона нечутливості» [1].

Сили статичного опору пересуванню коліс на рейках  $F_{c1}$  і  $F_{c2}$  можливо задавати з урахуванням нелінійності характеристики тертя [1], що дозволить виявляти перекис крана, обумовлений також й виникненням режимів боксування і юзу коліс.

Висновок: запропонована модель дозволить врахувати основні фактори, що впливають на виникнення перекосу мостового крану.

### Література:

1. Топчеев Ю.И. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования: Учебн. пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 1989. – 752с.

# БЕСКОЛЛЕКТОРНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

**Шевченко А.А., Крылов Д.С.**

***Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков***

Бесколлекторный двигатель постоянного тока является улучшенным вариантом обычного ДПТ, однако для его работы необходима электронная система управления, переключающая обмотки двигателя.

От силы магнитного поля зависит мощность и частота вращения двигателя. Регулировать частоту вращения и вращающий момент двигателя можно за счет изменения тока через обмотки. Наиболее распространенный способ управления током через обмотки является управление средним током. Для этого используется широтно-импульсная модуляция (ШИМ), рабочий цикл которой определяет среднее значение напряжения на обмотках, а, следовательно, и среднее значение тока и, как следствие, частоту вращения.

Для более точного задания скорости используется двухконтурная система управления, содержащая внутренний контур регулирования тока обмоток и внешний контур регулирования скорости на основе ПИ-регуляторов.

Внешний контур осуществляет регулирование скорости. На его входы подается сигнал задания скорости и сигнал отрицательной обратной связи, полученный от датчика скорости, установленного на валу двигателя. В случае их различия, система формирует выходной сигнал, который, в свою очередь, является сигналом задания внутреннего контура регулирования тока.

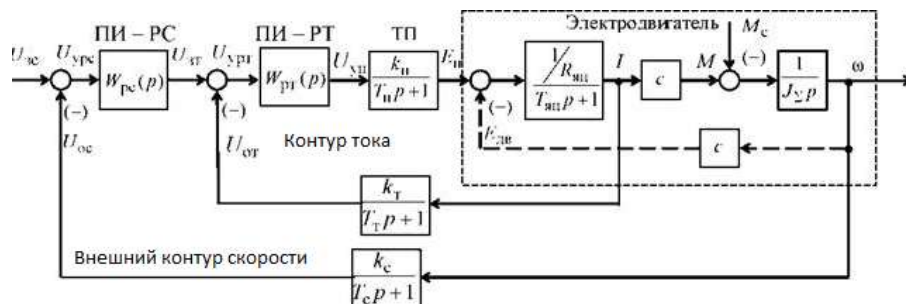


Рисунок 1 – Структурная схема системы управления.

Таким образом, внутренний контур оказывается подчиненным внешнему контуру. В итоге, заданная скорость вращения оказывает прямое воздействие на среднее значение токов в обмотках, что сказывается на моменте вращения самого двигателя.

### Литература:

1. *Овчинников И. Е.* Электромеханические и мехатронные системы. Часть 1. Полупроводниковые устройства в цепях электрических машин. Коллекторные и бесконтактные двигатели постоянного тока
2. *Гарнов В.К. Рабинович В.Б. Вишневецкий Л.М.* Унифицированные системы автоуправления электроприводом в металлургии

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АСИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ С САМОВОЗБУЖДЕНИЕМ ДЛЯ ВЕТРОСТАНЦИЙ

Шевченко В.В., Бредун А.В.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

В настоящее время для обеспечения энергетической безопасности любого государства необходимы мобильные, экологически чистые и высокоэкономичные источники энергии, способные обеспечивать основные потребности в электроэнергии и регулировать ее в часы пиков и провалов энергопотребления. Модернизация и продление сроков эксплуатации блоков электростанций всех видов, пуск в эксплуатацию новых энергоблоков АЭС позволит, на наш взгляд, решить на ближайшие десятилетия вопрос получения базовых мощностей. Турбогенераторы ТЭС мощностью 200 МВт и генераторы ГАЭС позволят в некоторой степени решить вопрос покрытия пиковых нагрузок. Однако использовать энергию указанных станций для отдаленных и маломощных потребителей нерентабельно. Отсутствие или износ существующих линий электропередачи, большие расстояния, нарастающие экологические проблемы требуют создания автономных возобновляемых источников энергии (ВИЭ), использующих, например, энергию ветра. Проведенные исследования показали, что в диапазоне мощностей 10-100 кВт в качестве генерирующих единиц на ветроэнергетических установках (ВЭУ) целесообразно использовать асинхронные генераторы (АГ), [1], которые также используются для ВЭУ мощностью до 200 кВт в мировой практике. Свойства АГ в значительной степени зависят от способа возбуждения: АГ с самовозбуждением и с независимым возбуждением. Для самовозбуждения АГ необходимо остаточное намагничивание стали ротора. Для усиления процесса самовозбуждения устанавливают конденсаторы, изменением емкости которых можно менять величину намагничивающего тока и регулировать напряжение генератора. Требуемое значение емкости в общем случае может быть получено при использовании в схеме шунтирующих и компаундирующих конденсаторов. Первые включаются на линейные или фазные напряжения, вторые - в цепь тока нагрузки.

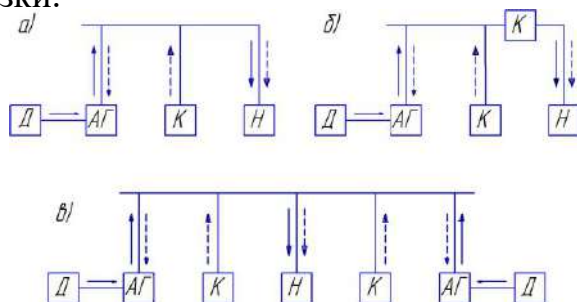


Рис. 1. Схемы включения АГ с самовозбуждением:  
а) и б) при автономном включении;  
в) при параллельном включении. Д – двигатель (ВЭУ); К - конденсатор; Н – нагрузка

АГ с самовозбуждением могут работать отдельно (автономно), при параллельном соединении и соединении в каскад, рис. 1. Частота напряжения генераторов с самовозбуждением при постоянной частоте вращения ротора в пределах номинальных нагрузок незначительно и может быть стабилизирована с помощью балластных резисторов.

### Литература:

1. Бредун А.В., Шевченко В.В. Определение зависимости мощности ветроагрегата от скорости ветра // XII Міжнародна НПК магістрантів та аспірантів (17-20 квітня 2018 року): матеріали конференції: у 3-х ч. – Ч. 2 / за ред. проф. Є.І. Сокола. – Харків: НТУ «ХПІ», 2018. – С. 27-28.

## ВЫБОР ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Шевченко В.В., Дзюба Н.И.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

На основании анализа достижений современной энергетики проведен поиск конструктивных решений и проанализированы характеристики электрических генераторов для ветроэнергетических установок (ВЭУ) малой и средней мощности, [1]. В последнее время многие исследователи стали предлагать использовать генераторы с магнитоэлектрическим возбуждением, т.е. с возбуждением от постоянных магнитов (ПМ). Такие конструкции позволяют исключить скользящий контакт, повысить надежность работы генератора и всей ВЭУ, повысить КПД. Использование генераторов с магнитоэлектрическим возбуждением стало возможным в связи с получением новых ПМ, имеющих высокую коэрцитивную силу и возможность долго ее сохранять. Такие магниты позволяют получить в воздушном зазоре значение магнитной индукции до 0,8 – 0,9 Тл, что часто даже превышает значение индукции, получаемое при электромагнитном возбуждении. На рис.1 представлен дисковый синхронный генератор ГДС 15/250, предлагаемый к использованию для ВЭУ малой мощности.

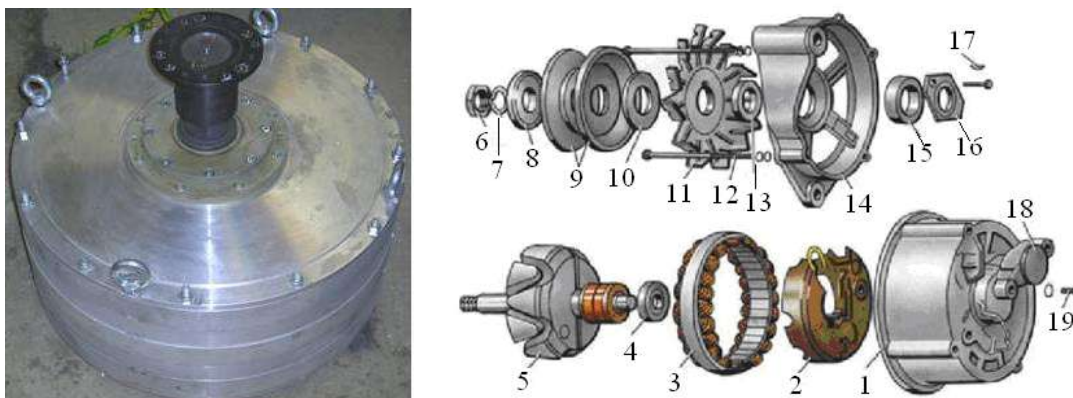


Рисунок 1 - Дисковый синхронный генератор ГДС 15/250, предлагаемый к использованию для ВЭУ малой мощности

- 1 – Крышка со стороны контактных колец; 2 – Выпрямительный блок; 3 – Статор;  
4 – Задний подшипник; 5 – Ротор; 6 – Гайка; 7 – Пружинная шайба; 8,10,13 – Шайба;  
9 – Шкив; 11 – Вентилятор; 12 – Стяжной болт; 14 – Крышка со стороны привода;  
15 – Передний подшипник; 16 – Крышка подшипника; 17 – Шпонка;  
18 – Регулятор напряжения; 19 - Болт

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что для ВЭУ малой мощности технически и экономически целесообразно применять генераторы с тангенциально намагниченными ПМ, что позволит несколько снизить стоимость оборудования и, благодаря концентрации ферритовыми магнитами магнитного поля в рабочей зоне, повысить мощность генератора без изменения веса и внешних размеров, что важно для комплектации ВЭУ.

### Литература:

1. Шевченко В.В., Кулиш Я.Р. Анализ возможности использования разных типов генераторов для ветроэнергетических установок с учетом диапазона мощности // Харків, Вісник НТУ «ХПІ» - № 65 - 2013 - С. 107-117.



## ПРИМЕНЕНИЕ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ОБРАЩЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ ДЛЯ ВЭУ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Шевченко В.В., Сергиенко И.В.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

В работе показана необходимость использования энергии от возобновляемых источников (ВИЭ), в частности, энергии ветра. Определены особенности использования ВИЭ для индивидуальных энергопотребителей малой мощности, выполнен обзор возможных типов генераторов для индивидуальных ветроэнергетических установок (ВЭУ). Предложено комплектовать ВЭУ мощностью 5-10 кВт синхронным генератором (СГ) с возбуждением от постоянных магнитов (ПМ) обратной конструкции, рис.1.

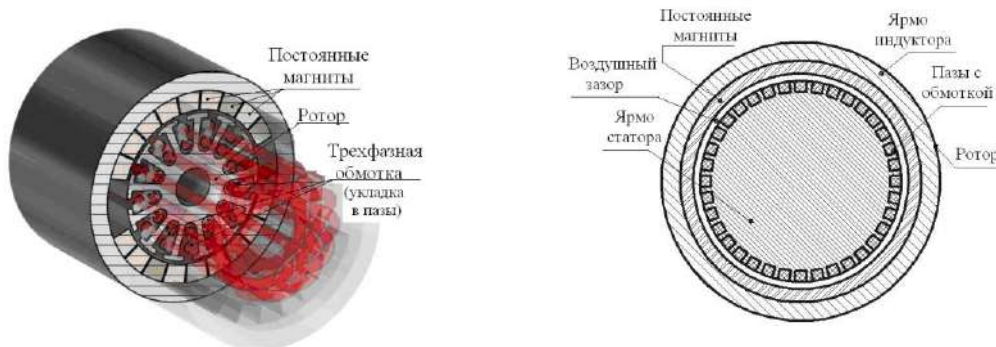


Рис. 1. Общий вид и схема многополюсного СГ обратной конструкции с возбуждением от постоянных магнитов

Было установлено, что в СГ с возбуждением от ПМ обратной конструкции при большом числе пар полюсов ( $p > 5$ ) рабочие магнитные поля локализованы в воздушном зазоре и что с увеличением числа полюсов уменьшаются индуктивное сопротивление обмотки и ЭДС холостого хода. С использованием программного комплекса САПР SolidWorks проведено моделирование распределения векторного магнитного потенциала в активной зоне машины при разном числе полюсов. Эта методика позволяет оценить геометрические размеры СГ, критические токи якоря и металлоемкость изделия, в частности, ПМ, [1].

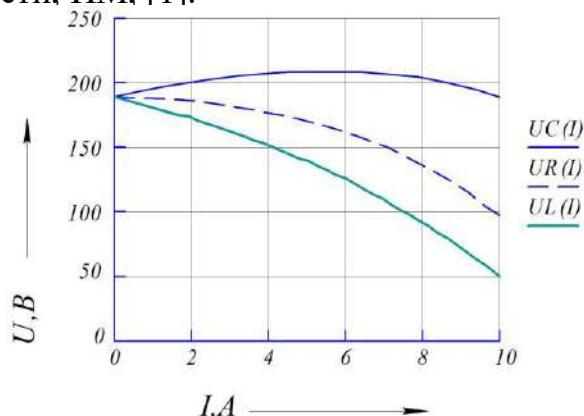


Рис. 2. Внешняя характеристика СГ с ПМ обратной конструкции мощностью 10 МВт

На рис. 2 приведена внешняя характеристика СГ с ПМ обратной конструкции мощностью 10 МВт:  $U_L(I)$  - индуктивная нагрузка,  $U_C(I)$  - емкостная нагрузка,  $U_R(I)$  - активная нагрузка. В генераторах ВЭУ мощностью (5÷10) кВт используют два типа намагничивания постоянных магнитов. Расчеты показали, что предпочтение следует отдать варианту тангенциального намагничивания ПМ.

### Литература:

1) Сергиенко І.В., Шевченко В.В. Использование достижений магнитоэлектрического возбуждения в синхронных генераторах // Міжнародна НПК магістрантів та аспірантів (17-20 квітня 2018 року): матеріали конференції: у 3-х ч. – Ч. 2 / за ред. проф. Є.І. Сокола. – Харків: НТУ «ХПІ», 2018. – С. 131-132.

## **ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ КОНТРОЛЯ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРОВ АЭС**

**Шевченко В.В.<sup>1</sup>, Шевченко А.С.<sup>2</sup>**

***<sup>1</sup>Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», <sup>2</sup>Харьковский региональный институт проблем общественного здравоохранения, г. Харьков***

Риск аварийных ситуаций на ядерных энергообъектах заставляет постоянно совершенствовать протоколы безопасности. Аварийность находится в зависимости от технических и «человеческих» факторов, которые взаимно влияют друг друга. Действия персонала могут исправить ситуацию либо усугубить ее. К авариям приводят ошибки, вызванные избыточной нагрузкой на операторов пультов АЭС, отвлечением внимания, недостаточной квалификацией, особенностью реакции на стресс (деструктивной вместо конструктивно - преодолевающей), [1], и физические проблемы, обусловленные проблемами со здоровьем, которые возникли при сильном стрессе, но не наблюдались ранее.

Операторы АЭС постоянно проходят медицинские осмотры, и претенденты, которые имеют проблемы со здоровьем, не позволяющие оставаться работоспособными при аварийных и нештатных ситуациях, не допускаются к работе. Однако бывают ситуации, когда высокое желание оператора приступить к работе не позволяет ему критически оценить свое состояние. Поэтому необходим независимый объективный контроль физического состояния оператора, оценка его витальных функций, т.е. функций жизнеобеспечения, как до начала работы (смены), так и непрерывно в процессе работы. Такой контроль не должен мешать работать, т.е. данные должны передаваться медработнику беспроводным способом. В настоящее время для контроля электрофизиологических показателей работы сердца используют суточный (холтеровский) мониторинг ЭКГ с одновременным контролем артериального давления [2], а также фитнес-браслеты с тонометрами и фиксацией ЭКГ [3], данные от которых поступают на монитор врача и осуществлять самоконтроль. Однако эти приборы соединяются проводами, что затрудняет работу оператора (датчик на отведении) и отвлекает его внимание, что недопустимо. Поэтому в настоящее время стоит задача создания аппаратуры, которая контролирует состояние оператора в режиме *on-line* с бесконтактной передачей информации. Для этого необходимо как техническое решение, так и уточнение необходимого и достаточного числа каналов мониторинга состояния человека, находящегося в экстремальных ситуациях, в частности, оператора АЭС в аварийных ситуациях.

### **Литература:**

1. Шевченко В.В. Соотношение технического и человеческого фактора в выполнении задачи безопасного продления сроков эксплуатации энергоблоков АЭС Украины // Вестник ХРИПОЗ, №5(85). - Харьков: ХРИПОЗ, 2018. - С. 16-29. <http://doi.org/10.5281/zenodo.2196906>. 2. Рябыкина Г.В., Соболев А.В. Холтеровское и бифункциональное мониторирование ЭКГ и артериального давления (ISBN 978-5-98803-353-0). - Москва: Медпрактика-М, 2010. - 352 с. <http://www.medpraktika.ru/books/?id=277>. 3. James Stables. Best heart rate monitors: Top watches, chest straps and fitness trackers. Wareable, November 20, 2018. <https://www.wareable.com/fitness-trackers/best-heart-rate-monitor-and-watches>

**МЕХАНІЧНА МІЦНІСТЬ РОТОРІВ  
ВИСОКОЧАСТОТНИХ СИНХРОННИХ МАШИН  
З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ЗБУДЖЕННЯМ**

**Юр'єва О. Ю., Шайда В. П., Хлібишин Д. А.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

З середини минулого сторіччя поширюється застосування змінного струму непромислової частоти для спеціальних систем, установок та пристроїв в автономних енергетичних установках. Особлива увага приділяється синхронним машинам, які приєднуються до мережі високої частоти (від 100 Гц). Згідно з дослідженнями [1] потужність високошвидкісних електричних машин сягає 1 МВт, а частота обертання – 120000 об/хв.

При високих частотах обертання на перший план виходить проблема механічної міцності обертючих частин синхронних машин, а саме, явнополюсних або неявнополюсних роторів. Згідно з [1] механічна міцність неявнополюсного ротора, виготовленого з поковки, обмежується величиною лінійної швидкості точки на поверхні ротора, що становить 400 м/с, явнополюсного ротора з шихтованими полюсами – 250 м/с. Згідно з [2] механічна міцність визначається максимальним діаметром ротора, частотою обертання, властивостями матеріалу осердя ротора (межею плинності та густиною). Визначені значення максимального діаметра ротора за [1] та [2] суттєво різняться – 318 мм і 138 мм для неявнополюсного ротора та 199 мм і 110 мм для явнополюсного ротора відповідно.

Для визначення механічної міцності ротора було спроектовано два чотириполюсних синхронних генератора номінальною потужністю 400 МВ·А номінальною частотою обертання 12000 об/хв з неявнополюсним та явнополюсним ротором при частоті мережі живлення 400 Гц. В програмному середовищі SolidWorks Simulation виконано розрахунки на міцність роторів спроектованих двигунів, які показали, що обидва підходи є дуже приблизними. Міцність неявнополюсного ротора в усталеному режимі визначається міцністю бандажних кілець, а явнополюсного – міцністю кріплень короткозамикальних кілець демпферної обмотки.

**Література:**

1. Arkkio A. Induction and permanent-magnet synchronous machines for high-speed applications / A. Arkkio, T. Jokinen, and E. Lantto // Proc. 2005 8th International Conference on Electrical Machines and Systems, Nanjing, China. –2005. – pp. 871–876.
2. Kolpakhchyan P.G. High speed generator for gas microturbine installations / P.G. Kolpakhchyan, V.I. Parshukov, A.R. Shaikhiev, A.E. Kochin, M.S. Podbereznyaya // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – Volume 12. – Issue 23. – P. 13874–13878.



## **СЕКЦИЯ 10. СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГЕТИЦІ**

### **НЕПРЕРЫВНЫЙ КОНТРОЛЬ ГАЗОВ, РАСТВОРЕННЫХ В МАСЛЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

**Абрамов В.Б.**

*Национальный технический университет Украины «Киевский  
политехнический институт», г. Киев*

Контроль содержания растворенных в масле газов (РГ) уже не один десяток лет применяется для обнаружения дефектов в маслонаполненном электрооборудовании. Этот контроль выполняется в лабораториях на основании результатов хроматографического анализа растворенных в масле газов (ХАРГ), проводимого с заданной периодичностью, а в последнее время – с использованием приборов непрерывного контроля, позволяющих проводить так называемый «он-лайн мониторинг» растворенных газов (ОЛМРГ). Имеется достаточно успешный опыт применения таких приборов, изготовленных Morgan-Schaffer, GE-Energy, Serveron, Kelman, Energy Support, рядом других производителей и установленных на работающем электрооборудовании. Задача получения результатов контроля – отделение газов от масла с дальнейшим селективным определением концентраций каждого из РГ – в приборах ОЛМРГ решается иными, чем во время ХАРГ, методами. И здесь основным оказывается требование к селективности измерительных органов (датчиков). Относительно просто селективность обеспечивается для водорода и достаточно проблематично для других, требуемых для контроля по РГ, газов. Различие процедур и способов реализации контроля РГ при ОЛМРГ и ХАРГ явилось причиной отмечаемых в ряде случаев заметных отличий при количественном сравнении результатов одного и другого контроля. Детальное исследование этого было выполнено рабочей группой D1.01 (TF 15) СИГРЭ по итогам анализа данных «раунд робин теста» (участвовало 19 лабораторий из 12 стран), позволившего сравнить для более 300 случаев показания от различных типов приборов ОЛМРГ и полученных при ХАРГ. Сделан вывод, что большинство приборов ОЛМРГ хотя и обеспечивали погрешность измерений, худшую, чем указывают производители, однако отвечающую МЭК 60567, т.е. не более  $\pm 15\%$ . Но для некоторой части их (даже в пределах одного типа) погрешность превышала допустимую, достигая  $\pm 30\%$  и более. Поэтому была предложена процедура оценки фактической погрешности используемых приборов ОЛМРГ, а значит – возможности спрогнозировать соответствие их показаний результатам ХАРГ. Среди причин, приводящих к отличиям в числовых значениях измерений ОЛМРГ, отмечалось влияние атмосферных условий, колебаний температуры, отличий масел при калибровке и в эксплуатации, особенностей эксплуатационных масел. Вероятно, перечисленные причины следовало бы дополнить и тем, что возникновение дефектов в контролируемом электрооборудовании сопровождается генерацией не только газов, регламентированных для целей диагностирования, но и другими, сходными для реакции датчиков газами, а также, что возможно изменение во времени параметров извлечения газов из масла. Т.о. более правильным будет применять приборы ОЛМРГ для выявления аномалий газообразования с последующим диагностированием их по ХАРГ.

## **АНАЛІЗ НЕДОЛІКІВ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ПРОМИСЛОВИХ ПРИСКОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРОНІВ ТА ШЛЯХИ ІХ ВИРІШЕННЯ**

<sup>1</sup>Бандуров С.О., <sup>1</sup>Шишкін Г.О., <sup>2</sup>Ложкін Р.С

<sup>1</sup>*ТОВ «Азовська кабельна компанія»,*

*Бердянський державний педагогічний університет, м. Бердянськ,*

<sup>2</sup>*Національний технічний університет «Харківський політехнічний  
інститут», м. Харків*

У технологічних процесах сучасної промисловості все частіше застосовують прискорювачі електронів для радіаційної обробки полімерів, очищення забрудненої води, дезінсекції зерна, обробки металу та інших твердих тіл для підвищення їх експлуатаційних характеристик. Досвід експлуатації одних з перших в лінійці трансформаторних прискорювачів прямого типу дії серії ЕЛВ-1, ЕЛВ-2 показав, що на теперішній час існує потреба в удосконаленні систем захисту для доведення їх до вимог сучасного виробництва.

З метою підвищення рівня надійності роботи прискорювача нами було проведено роботу з удосконалення системи захисту від пропалювання фольги випускного вікна електронним пучком по струмам котушок рядкової та кадрової розгортки. Суттєвим недоліком системи захисту є відсутність швидкого зворотного зв'язку з системою кадрової розгортки, що зменшує рівень надійності системи захисту прискорювача при виникненні аварійних ситуацій. Запропонована система захисту на основі двопорогового компаратору дозволила здійснити захист фольги випускного вікна по струмам котушок рядкової і кадрової розгортки з можливістю регулювання порогів спрацювання системи.

Також нами було проведено роботу з удосконалення системи захисту прискорювачів по вакууму. Робота стандартної системи не дозволяє включати прискорювач при низькому рівні вакууму. Однак, у зв'язку з недосконалістю системи захисту оператор має можливість у ручному режимі включити блоки живлення магніторозрядних діодних насосів типу НОРД-250. В умовах недостатньо глибокого вакууму таке включення призведе до аварійного перегріву насосів. Розроблена нами релейна система захисту дозволяє у разі низьких показників вакуумметра Мерадат-ВІТ16Т3 блокувати включення як прискорювача, так і блоків живлення БМП-0,25МС, що живлять магніторозрядні діодні насоси. Якщо в процесі роботи прискорювача знижується рівень вакууму то сигнал, що надходитиме з блоків живлення насосів, розімкне реле та відключить живлення прискорювача.

У доповіді також розглянуто розроблену нами систему швидкого захисту, що дозволила відключати живлення прискорювача за час не більше  $1,25 \cdot 10^{-3}$  с у разі надходження аварійних сигналів з розглянутих вище систем захисту. З метою підвищення надійності роботи системи швидкого захисту основні її елементи резервуються та контролюються цифровим мікроконтролером Atmega 2560.

## **ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТОВ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ЭСС**

**Барбашов И. В., Калашников М. С., Фадеев А. А.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Расчеты установившихся режимов выполняются с целью определения параметров режима (режимных характеристик): уровней напряжения во всех узловых точках (пунктах) сети; потокораспределения мощностей (токораспределения) по всем участкам сети; потерь мощности во всех элементах сети. Полученные в результате расчета параметры режима сети позволяют выяснить соответствие этой сети требованиям надежного, качественного и экономичного электроснабжения.

Результаты расчета установившихся режимов служат также основой для решения целого ряда других задач: выбора сечений проводов и кабелей, мощностей трансформаторов и автотрансформаторов; оценки эффективности мероприятий, обеспечивающих поддержание напряжения в допустимых пределах; расчетов потерь мощности и электроэнергии для оценки экономичности работы сети и эффективности способов снижения потерь; определения интегральных показателей условий работы сети за длительный период (например, год): передаваемой энергии, средних значений отдельных параметров режима (напряжения в узлах, загрузки трансформаторов, плотности тока в линиях и т. п.) или диапазона изменения значений какого-либо параметра для расчетных элементов сети и др.

Основой расчета режимов ЭСС являются известные из курса ТОЭ законы электрических цепей (Ома, Кирхгофа), однако условия их применения к реальным электрическим системам существенно отличаются от условий, принимаемых при расчетах электрических цепей. Отличия связаны с тем, что электрическая система содержит не двухполюсные ( $R$ ,  $L$ ,  $C$ ), а трехфазные элементы, фазы которых связаны электромагнитным и электростатическим влиянием; в состав электрической системы входят как статические элементы (линии, трансформаторы, реакторы), так и вращающиеся электрические машины (синхронные генераторы и компенсаторы, синхронные и асинхронные двигатели); элементы ЭСС могут иметь как сосредоточенные, так и распределенные параметры, как линейные, так и нелинейные характеристики.

Указанными отличиями трехфазных электрических систем обусловлено то, что задачи расчета режимов ЭСС более сложны и трудоемки. Поэтому большая и трудоемкая задача (с учетом размеров реальных электрических систем) расчета делится на ряд более мелких подзадач: переход от реальной трехфазной сети к ее однофазному эквиваленту и составление однофазной расчетной схемы (схемы замещения); составление системы уравнений электрической системы в установившемся режиме на основе законов Ома и Кирхгофа; решение полученной системы уравнений, определение параметров режима электрической системы и их анализ.

## К ВОПРОСУ ВЫБОРА ЭКОНОМИЧЕСКИХ СЕЧЕНИЙ ПРОВОДНИКОВ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Барбашов И.В., Омеляненко Г. В., Дубодел О. А., Кныш А. Е.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Критерием для выбора сечений проводников линий в течение многих лет был принят минимум приведенных затрат. В практике проектирования линий массового строительства выбор сечений проводников производился не сопоставительным технико-экономическим расчетом в каждом конкретном случае, а по нормируемым обобщенным показателям – *экономической плотности тока и экономическим токовым интервалам*.

В настоящее время в проектной практике Украины указанные методы, согласно «Правил устройства электроустановок. ПУЭ-2017», не применяются и для вновь сооружаемых и реконструируемых ВЛ 35–750 кВ рекомендованы к применению сечения (по алюминию) сталеалюминиевых проводов соответственно равные: 35 кВ – 120 мм<sup>2</sup>; 110–150 кВ – 240 мм<sup>2</sup>; 330 кВ – 2×400 мм<sup>2</sup> и 750 кВ – 5×300 мм<sup>2</sup>.

Но уже в пункте 2.5.86 главы 2.5 «Правил устройства электроустановок» (глава утверждена приказом Министерства топлива и энергетики Украины от 05.01.2006 г. № 3, с изменениями и дополнениями от 29.12.2006 г. № 541, 10.10.2008 г. № 500 и 05.05.2009 г. № 231) для ВЛ 110 кВ, питающих потребителей мощностью до 20 МВт, или предназначенных для выдачи мощности электростанций с количеством часов использования установленной мощности до 2500 (ветровые, газотурбинные пиковые электростанции и т. п.) предусмотрена возможность использования проводов сечением 120 мм<sup>2</sup>. А в пункте 1.3.38 главы 1.3 «Правил устройства электроустановок» [2] (глава утверждена приказом Министерства энергетики и угольной промышленности Украины от 20.07.2014 г. № 469) было введено положение, что в нормальных режимах работы плотности токов неизолированных проводов ВЛ 6–220 кВ не должны, как правило, превышать значений, приведенных в таблице.

Провода	Значения плотности тока, А/мм <sup>2</sup> , при числе часов использования наибольшей нагрузки за год		
	свыше 1000 до 3000	свыше 3000 до 5000	свыше 5000
Медные	2,5	2,5–1,9	1,9–1,5
Алюминиевые	1,3	1,1–0,8	0,8–0,6

Такой подход, по мнению авторов, создает определенную двойственность принимаемых решений и со временем должен быть изменен в пользу полноценного применения адаптированных к современным условиям нормируемых обобщенных экономических показателей.

## **ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ**

**Барбашов И. В., Пилипенко Д. В., Рыжков И. И.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Важнейшим исходным материалом, определяющим в значительной мере качество решения задач проектирования развития энергетических систем и электрических сетей, служат данные о масштабах энергопотребления и электрических нагрузках на соответствующие проектные расчетные уровни.

Решения считаются наиболее целесообразными, если в расчетах учитываются динамика роста нагрузок во времени и развитие систем электроснабжения. Необходимо, чтобы при проектировании новых электростанций, подстанций и линий электропередачи развитие энергетических систем рассматривалось на достаточно длительный период времени – 10–20 лет с учетом изменения всех расчетных параметров. В результате важно найти такой вариант постепенного развития, такую очередность включения новых энергетических объектов разного назначения, при которых, с одной стороны, была бы обеспечена возможность надежного электроснабжения всей совокупности намечаемых к присоединению потребителей электроэнергии и, с другой стороны, для этого потребовались наименьшие затраты на протяжении заданного перспективного периода.

Проектирование энергетической системы как весьма сложного комплекса энергообъектов ведется с большим опережением во времени по сравнению с проектированием отдельных промышленных объектов, энергоснабжение которых должно производиться от проектируемой системы. Поэтому весьма важно получение достаточно надежных исходных данных относительно роста электропотребления промышленности, транспорта, сельского хозяйства. В каждом конкретном случае проектирования выявление электропотребления и составление графиков нагрузки может быть выполнено лишь как вероятное, обоснованное общими директивными указаниями и работами проектно-исследовательских институтов.

Определение электрических нагрузок необходимо: для выбора мощности и структуры энергоисточников, схемы и параметров электрических сетей, расчетов режимов работы электрических сетей.

Потребители электроэнергии подразделяются на следующие структурные группы: промышленное и сельскохозяйственное производства; строительство; электрифицированный транспорт; быт и сфера обслуживания в городах и сельской местности.

Наряду с полезно расходуемой электроэнергией на нужды производства и быта при определении общей потребности в электроэнергии необходимо учитывать ее расход на собственные нужды электростанций и подстанций, а также транспорт по электрическим сетям (потери).

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ 110 кВ

Барбашов И.В., Присяжнюк В.П., Стреляный А.А.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Согласно Норм технологического проектирования энергетических систем и электрических сетей 35 кВ и выше [1] для электроснабжения большинства районов (кроме городов и промузлов) на напряжении 110 кВ рекомендуется применение одинарных линий с двусторонним питанием от разных источников питания. К одноцепной линии с двусторонним питанием рекомендуется присоединение, как правило, не более трех подстанций; предельная длина воздушных линий такой конфигурации, как правило, не должна превышать 120 км.

При развитии сетей 110 кВ указанная конфигурация преобразовывается в одну из следующих [1]:

- в две одноцепные воздушные линии с двусторонним питанием путем сооружения заходов на новый (третий) источник питания;
- в узловую конфигурацию путем строительства новой линии от третьего источника питания к одной из проходных подстанций;
- многоконтурную конфигурацию путем строительства перемычки между двумя проходными подстанциями, присоединенными к разным одноцепным линиям с двусторонним питанием.

Проектирование указанных конфигураций требует знания параметров их установившихся режимов. Проведенный анализ «классических» методов определения потокораспределения в сложноконфигурационных схемах сети показал, что наиболее рациональным в рассматриваемых случаях является сочетание *методов преобразования (трансфигурации)* сетей к простой замкнутой конфигурации с двухсторонним питанием и использование *метода подбора с коррекцией по уравнильной мощности* без разрезания сети по точкам потокораздела [2]. Так как алгоритм метода подбора с коррекцией по уравнильной мощности основан на повторении однотипных вычислений его целесообразно реализовать в виде компьютерной программы.

### Литература:

1. Нормы технологического проектирования энергетических систем и электрических сетей 35 кВ и выше (ГКД.341.004.003-84) / Минэнерго Украины. – К., 1994. – 32 с.
2. Барбашов И.В. Расчет установившихся режимов замкнутых электрических сетей в примерах и задачах: учеб. пособ. / И.В. Барбашов, Г.В. Омеляненко – Харьков: НТУ «ХПИ», 2018. – 144 с.

## **ПОЛІМЕРНІ ОПТИЧНІ ВОЛОКНА: ОСОБЛИВОСТІ ТА ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ**

**Безпрозваних Г.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Полімерні оптичні волокна (ПОВ) із ступінчастим та градієнтним профілем зміни показника заломлення в поперечному перерізі сердечника мають порівняно з кварцовими меншу вартість, високу гнучкість, меншу масу, більший діаметр.

В той же час ПОВ мають істотні недоліки: схильні до швидкого старіння, мають низьку широкосмуговість, значний коефіцієнт загасання. Недосконалість полімерних оптичних волокон істотно знижує можливості його застосування. Поява нових типів полімерних оптичних волокон (багатошарових з широкою смугою пропускання, порожнистих) підвищує ефективність їх застосування.

Основними областями застосування ПОВ і надалі залишатимуться різні сенсори, медицина, приладобудування, рекламна індустрія, мережі зв'язку (локальні мережі, мережі типу FTTH («волокно» в дом). Більш перспективними - системи бортового зв'язку в автомобілях, автоматизовані системи управління технологічними процесами (системи ProfiBus).

Технологія ПОВ набуває популярності внаслідок широкого поширення в автомобільних інформаційних мережах, заснованих на стандартах MOST і ByteFlight. На сьогоднішній день більше 25 млн. MOST- трансиверів встановлено в 40 різних моделях машин таких виробників, як BMW, Daimler-Chrysler, Porsche, Audi і Saab. При цьому основне завдання при використанні ПОВ в автомобілях - підвищення теплостійкості ПОВ (вище 125<sup>0</sup>C), оскільки умови експлуатації оптичних волокон в автомобілях часто пов'язані з підвищеними температурами.

В області управління виробничими процесами попит на ПОВ диктується в основному потребою в каналах передачі даних, не схильних до радіоперешкод, від пристроїв, що знаходяться в тому числі під високою напругою, - таких як комплектні розподільні пристрої електричних підстанцій, рентгенівські та електрофізичні установки. Можна очікувати, що при нових можливостях полімерних оптичних волокон при наявності компактних конекторів і недорогих передавачів компанії, які займаються проектуванням мереж і прокладанням кабелю, скоро перейдуть на використання ПОВ.

У зв'язку з малими розмірами, вагою, стійкістю до ударів і вібрації, високою швидкістю передачі даних на малі відстані всерйоз розглядається питання про використання ПОВ в бортових системах літаків, танках, кораблях, вертольотах, ракетах і космічних кораблях. ПОВ перспективні для використання в великих центрах обробки і передачі даних і для з'єднання груп серверів і суперкомп'ютерів.

В Україні поки що ПОВ не отримали широкого визнання, на відміну, наприклад, від Японії, де в розробку і реалізацію проектів по впровадженню ПОВ вкладаються великі кошти. Причин тут декілька, включаючи і економічні, але не останньою з них є слабка інформованість потенційних споживачів про можливості та переваги ПОВ.



## СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ АКТИВНИХ ДІЕЛЕКТРИКІВ

Безпрозваних Г.В., Гаврилюк І.В.  
*Національний технічний університет*  
*«Харківський політехнічний інститут»,*  
*м. Харків*

Сучасна електроенергетика, електротехніка та електромеханіка потребують застосування діелектриків не тільки в якості пасивних електроізоляційних матеріалів, але і в якості активних матеріалів, параметрами яких можна регулювати. До числа активних діелектриків відносять: п'єзо-, піро-, сегнето- електрики; електрети; рідкі кристали; матеріали лазерної електроніки; електро-, магніто- і акустооптичні матеріали; діелектричні кристали з нелінійними оптичними властивостями і інші. Це дозволяє використовувати їх в елементах для перетворення електричної енергії або інформації шляхом змінення, наприклад, напруженості електричного поля, температури, механічного напруження.

Розроблено стенд для дослідження електричних властивостей активних діелектриків на основі п'єзокераміки, що включає джерело змінного струму В-24, цифровий двоканальний осцилограф VDS з програмним забезпеченням, ноутбук. Стенд дозволяє в режимі реального часу візуалізувати залежності вектора поляризації та напруженості електричного поля при прикладанні змінної напруги до зразків конденсаторів з активним діелектриком (див. рисунок 1).

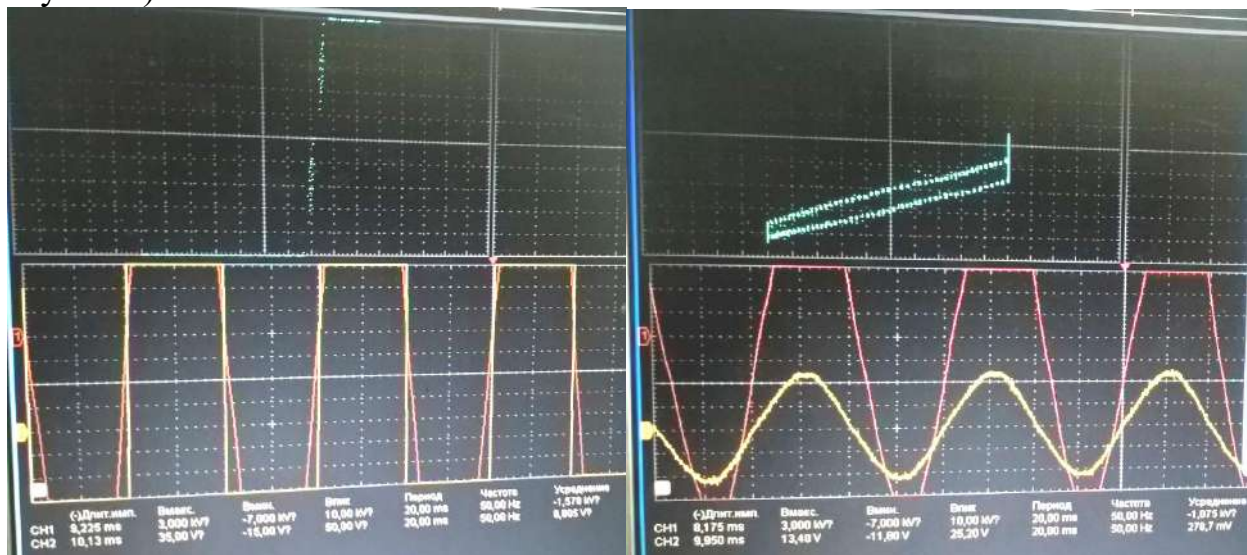


Рисунок 1 – Осцилограми напруженості електричного поля, вектора поляризації та петля діелектричного гістерезису для зразків конденсаторів з пасивним (ліворуч) та активним діелектриком (праворуч)

Стенд по дослідженню електричних властивостей активних діелектриків є складовою комплексу для проведення лабораторних занять з дисципліни «Електротехнічні матеріали», що входить до переліку дисциплін фахової підготовки за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

## ЕЛЕКТРОСТАТИЧНЕ ПОЛЕ В КАБЕЛЯХ КОАКСІАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПРИ НАЯВНОСТІ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТУ

Безпрозванних Г.В., Кессаєв О.Г.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В кабелях завжди присутні відхилення від ідеальної конструкції, які проявляються у відхиленні діаметрів провідників від номінальних значень; в розташуванні струмопровідної жили і ізоляції не строго коаксіально, а з ексцентриситетом; в наявності еліптичності, як жили, так і самої ізоляції; в зміні відносної діелектричної проникності по товщині ізоляції і по довжині кабелю [1]. Так, наявність ексцентриситету в одножильних кабелях коаксіальної конструкції призводить до спотворення електричного поля як на поверхні струмопровідної жили, так і ізоляції. Результати розрахунків доводять, що при ексцентриситеті 10% від радіуса струмопровідної жили напруженість на жилі зростає на 20%, на поверхні ізоляції – на 25% відносно ідеальної (без ексцентриситету) конструкції [2]. Розроблена програма в середовищі Matlab для чисельного розрахунку ємності кабелів з урахуванням наявності ексцентриситету між струмопровідною жилою та ізоляцією має зручний інтерфейс для користувача. Вхідними параметрами програми є: конструктивні розміри кабелю (радіус струмопровідної жили  $r$ , радіус по металевому екрану  $r_e$ , ексцентриситет  $\Delta$ , відносна діелектрична проникність  $\epsilon$  матеріалу ізоляції, прикладена напруга до кабелю). Програма також дозволяє в графічному вигляді представити електростатичне поле в конструкції кабелю за допомогою екіпотенційних поверхонь (екіпотенціальних ліній). Це дозволяє по картині екіпотенціальних ліній (див. рисунок) судити про величину і напрямок поля.

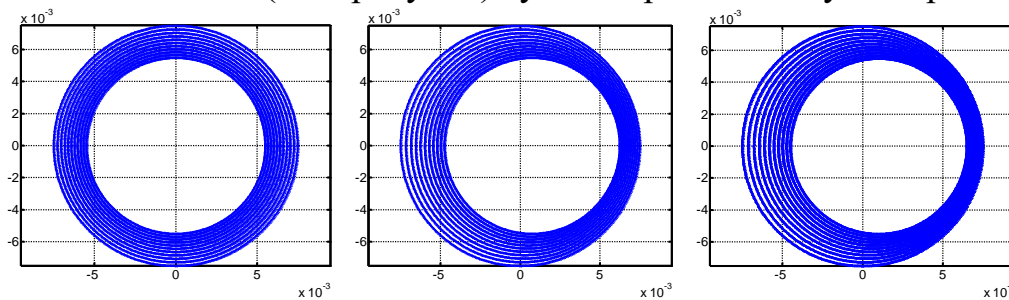


Рисунок 1 – Картина екіпотенціальних ліній в конструкції силового кабелю коаксіальної конструкції при вхідних даних:  $\epsilon=2,4$ ;  $r=5,5$  мм;  $r_e=7,5$  мм;  $\Delta$ : 0 мм (ліворуч), 0,5 мм (середнє зображення) та 1 мм (праворуч). Значення електричної ємності дорівнюють 430,5 пФ/м, 444,5 пФ/м та 464,1 пФ/м відповідно.

### Література:

[1] Безпрозванних Г. В. Вплив конструктивних та технологічних неоднорідностей на хвильовий опір коаксіальних радіочастотних кабелів / Г. В. Безпрозванних, А. М. Бойко, О. Г. Кессаєв // Електротехніка і електромеханіка. – 2013. – № 2. – С. 57-61.

[2] Кессаєв О.Г. Обґрунтування значень ексцентриситету коаксіального кабелю / О.Г.Кессаєв // Тези доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, освіта, здоров'я». – Харків: НТУ «ХПІ», 2013. – С.200.

## **ANALYSIS OF THE DIELECTRIC STRENGTH OF THE LIQUID DIELECTRIC**

**Bondarenko V.O., Ponomarenko S.G.**

*National Technical University  
«Kharkiv Polytechnic Institute»,  
Kharkiv*

One of the main indicators characterizing the insulating properties of transformer oils is their electrical strength:  $E = \frac{U_p}{h}$ , where  $U_p$  is the breakdown voltage;  $h$  - is the distance between the electrodes.

Dielectric strength for liquid dielectrics is not directly related to the chemical structure. The mechanism of breakdown in a fluid is affected by a very close arrangement of its molecules, as compared with a gas. Impact ionization, which is typical for gases, is impossible in a liquid dielectric.

The electrical strength of liquids depends on the amount of gas in these liquids. Also, the dielectric strength depends on the state of the surfaces of the electrodes to which the voltage is applied. Breakdown in a liquid begins with the breakdown of small gas bubbles.

The gas has a dielectric constant much lower. Therefore, the tension in the bubble is higher than in the surrounding liquid. In this case, the electrical strength of the gas is lower. Discharges in the bubbles lead to the growth of bubbles, and eventually, as a result of partial discharges in the bubbles, a breakdown of the liquid occurs.

Impurities play a large role in the mechanism of development of the breakdown of liquid dielectrics. Consider, for example, transformer oil. Soot and water, as conductive inclusions, reduce the electrical strength of transformer oil.

Water, though not mixed with oil, but the smallest droplets of it in oil under the action of an electric field polarize, form chains of increased conductivity, as compared to the surrounding oil, electrical conductivity, and as a result, the chain breaks down the oil.

To determine the electrical strength of liquids, in laboratory conditions, electrodes are used in the form of hemispheres, the radius of which is several times greater than the distance between them. In the gap between the electrodes a uniform electric field is created. Typical distance is  $h = 2.5$  mm.

Pure transformer oil, free from water and other impurities, regardless of its chemical composition, has high electrical strength, sufficient for practice (more than 210 kV/cm)

In Ukraine, for transformer oil on equipment from 330 to 500 kV, breakdown voltage should not be less than 45 kV.

To increase the dielectric strength of a liquid dielectric, you must: clean the liquid from solid conductive particles such as coal, soot, etc.; eliminate water from a liquid dielectric; degassing the liquid (vacuum); increase the pressure in the fluid.

## **ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЛІБЕРАЛІЗОВАНОГО ЕНЕРГОРИНКУ УКРАЇНИ**

**Бондаренко Р.В., Довгалюк О.М., Саїдов Ш.Н., Яковенко І.С.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Останніми роками у світі приділяється значна увага розвитку технологій та практичному застосуванню накопичення енергії. Впровадження нового конкурентного ринку електричної енергії в Україні характеризується збільшенням учасників, створенням нових сегментів ринку, появою нових послуг, зміною структури генерації, впровадженням нових механізмів формування тарифів на електроенергію. В таких умовах змінюється роль накопичувачів електричної енергії, які раніше використовувалися тільки в якості акумуляторних батарей і джерел безперебійного живлення навантажень невеликої потужності, а в нинішніх умовах стають важливим елементом електроенергетичної системи, здатним суттєво впливати на режими її роботи.

Причинами такої уваги до систем накопичення енергії (СНЕ) стали: збільшення потужності відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), які через нестабільність видачі потужності протягом доби і сезону потребують застосування СНЕ; підвищення вимог з боку споживачів до безперебійності електропостачання; актуальність покриття пікових навантажень в електроенергетичній системі; регулювання частоти і напруги в електричній мережі; поява на ринку електроенергії трейдерів, які здійснюватимуть купівлю електричної енергії виключно з метою її перепродажу на ринку, що більш ефективним буде за умови використання СНЕ.

Завдяки розвитку різноманітних технологій накопичення та зберігання електроенергії виробники надають широкий вибір систем накопичення за типом, ємністю, тривалістю розряду тощо. В таких умовах важливою стає оцінка економічної доцільності застосування відомих технологій та СНЕ для вирішення в енергосистемі конкретних завдань. Для цього був розроблений критерій економічної доцільності застосування СНЕ, в якості якого виступає прибуток власника СНЕ. Значення критерію визначається з урахуванням поточної ситуації на ринку електроенергії відповідно до основної функції СНЕ як:

- різниця між вартістю електроенергії в період відсутності генерації та вартістю зберігання (для стабілізації роботи мережі з ВДЕ, коли доцільно використовувати механічні (маховик), електрохімічні та електричні типи СНЕ);
- різниця між вартістю електроенергії в пікові години та години спаду навантаження з урахуванням вартості зберігання (для тривалого зберігання великої кількості енергії, коли доцільно використовувати механічні великої потужності (ГАЕС, пневматичні) та електрохімічні типи СНЕ);
- різниця між вартістю електроенергії з урахуванням надбавки за мобільність та вартістю електроенергії при закупівлі з урахуванням вартості зберігання (для надання допоміжних послуг, коли доцільно використовувати механічні (ГАЕС, пневматичні, маховик) та електрохімічні типи СНЕ).

## ВИКОРИСТАННЯ НЕІЗОЛЬОВАНИХ ДРОТІВ AERO-Z ДЛЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ.

Вихров П.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Технічний прогрес в електроенергетиці в цілому та в окремих системних комплексах потребує від електроенергетиків вирішення певних проблем, інноваційні рішення котрих успішно працюють за кордоном. Використання дротів нового покоління підвищує надійність електромереж, забезпечує безперебійність електропостачання, зменшує втрати на лінії та збільшує пропускну здатність як нових, так і модернізованих високовольтних повітряних ліній. Перша повітряна лінія з алюмінієвими дротами Z-типу була побудована у Бельгії в 1974 році, довжиною 2,59 км на перетині ріки Шельда, з'єднуючи АЕС та морський порт м. Антверпен.



Малюнок 1 – Конструкція неізовольованого дроту типу AERO-Z.

У дротах даного типу у якості 1-2 зовнішніх шарів замість округлих використані провідники Z-образного типу, що дає можливість отримати зовнішній шар майже ідеально гладким. При цьому досягається зменшення коефіцієнту аеродинамічного опору та більш щільна будова. Дріт Z-типу більш стійкий до механічних напруг, що знижує загрозу обриву лінії під час сильних вітрів або ожеледиці. Також дана конструкція більш компактна, дозволяє збільшити ефективний переріз дроту, тобто зменшити електричний опір та теплові втрати, збільшити допустиму загрузку по току, підвищити пропускну здатність повітряної лінії, зменшити вимоги щодо міцності опори та фундаменту. При використанні дротів даного типу досягається збільшення відстані між опорами, що важливо в важкодоступних районах та щільних забудовах. Дроти типу AERO-Z зберігають цілісність повивів при обривах до 5 сусідніх провідників. За рахунок само демпфування зменшуються коливання дротів. Щільна будова краще захищає від корозії.

## **РЕЗОНАНСНІ ЯВИЩА У ЕНЕРГОСИСТЕМІ ЯК ПРИЧИНА ПОШКОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ**

**Гапон Д.А., Рудевич Н.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

На промисловому підприємстві сталося аварійне відключення конденсаторної установки (КУ) 6 кВ, підключеної до секції шин 6 кВ головною понижувальною підстанцією. Подія мала місце під час пуску синхронного двигуна (СД) напругою 6 кВ потужністю 8000 кВт, живлення якого здійснюється від тієї ж секції шин 6 кВ через пристрій плавного пуску. Також навантаженням підстанції є асинхронні двигуни напругою 6 і 0,4 кВ, які, в свою чергу, підключені до мережі безпосередньо, без будь-яких перетворювачів.

Основна проблема при пуску будь-якого електродвигуна - динамічні перевантаження по струму і моменту, наявність яких може призводити до зносу механічної та електричної частин машини, до просідання напруги мережі живлення, а також, в деяких випадках, руйнування валу. Для вирішення зазначеної проблеми останнім часом все частіше застосовують високовольтні пристрої плавного пуску.

Основою пристрою плавного пуску двигуна є кілька зустрічно-паралельних груп тиристорів. Однак робота такого пристрою призводить до виникнення різко несинусоїдальних струмів з високим вмістом вищих гармонійних складових (ВГ) в мережі живлення. В [1] зазначено, що КУ, що працюють при несинусоїдній напрузі, в ряді випадків можуть виходити з ладу в результаті спучування або вибухів. Причиною руйнування конденсаторів є постійне перевантаження їх струмами ВГ. Перевантаження відбувається, як правило, при виникненні резонансного або близького до нього режиму [2]. Саме це і відбулося в розглянутому випадку.

Для виключення подібних проблем рекомендується:

1. При проектуванні схем електропостачання промислових підприємств містять КУ, слід враховувати можливі резонансні явища.
2. На приєднання КУ необхідно встановлювати аналізатори якості електричної енергії для отримання інформації про наявність і характер резонансних явищ.
3. Для захисту КУ від перевантаження резонансними струмами пропонується впровадити таку схему управління вимикачем КУ, яка б відключала її на час плавного пуску СД.

### **Література**

1. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий / И.В. Жежеленко. – М: Энергоатомиздат, 2000. – 331 с.
2. Бедерак Я.С. Дослідження режиму роботи конденсаторних установок 6(10) кВ, підключених до вітки зведеного струмообмежувального реактора / Я.С. Бедерак, С.В. Олейнік, А.А. Шуляк // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2013. – Вип. 2 (22). Частина 2. – С. 290 – 294.



## РОЗРАХУНОК ПЕРЕВАГ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО МОДУЛЮ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИКИ «ДІАМАНТ»

Гапонов А.Р., Федосеєнко О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Мікропроцесорний модуль релейного захисту та автоматики «Діамант» призначений для експлуатації на електростанціях (в тому числі атомних) і підстанціях. Використання цієї техніки дозволяє перейти до якісно нового покоління пристроїв, основні переваги яких перед електромеханічними і статичними пристроями полягають в наступному. Висока надійність функціонування за рахунок постійно діючої самодіагностики; простота технічного і оперативного обслуговування при менших витратах на підготовку персоналу і експлуатацію; можливість отримання практично будь-яких форм характеристик; можливість виконання пристрою, що реагує на аварійні складові струму і напруги; автоматична адаптація до зміни схеми і режиму мережі та інші.

Був проведений розрахунок переваг використання нової техніки на основі мікропроцесорного модулю релейного захисту та автоматики «Діамант» в порівнянні з технікою на електромеханічних реле.

Таблиця 1 - Основні техніко-економічні показники порівнюваних пристроїв

№	Показники	Величини	
		Базова техніка	«Діамант»
1	Тип пристрою		
2	Капіталовкладення, грн	49300	57360
3	Експлуатаційні витрати, грн.	8627	10038
4	Коефіцієнт простою, $10^{-4}$ в.о.	1,14	0,11
5	Річний збиток, грн	37050	358
6	Зведені витрати, грн/рік	50607	16706
7	Економічний ефект, тис. грн/рік	33,9	

Розрахунок техніко-економічної ефективності показав, що застосування технічно досконалішого мікропроцесорного модуля РЗА «Діамант», хоча і перевищує за вартістю техніку на електромеханічних реле, приносить річний економічний ефект 33,9 тис. грн. Такий результат досягається за рахунок більш низьких витрат на наладку і кращих технічних показників, таких, як параметр потоку відмов і середня тривалість аварійного відновлення.



## **MODERN STATE OF WELDED JOINTS OF ELEMENTS OF HEAT AND POWER EQUIPMENT**

**Glushko A.V.**

*National Technical University  
«Kharkiv polytechnic institute»,  
Kharkiv*

One of the most important tasks of modern heat energy in Ukraine is to increase the efficiency of existing power generating units of thermal power plants (TPPs). TPPs play one of the leading roles in the united power system of Ukraine. Power units are an integral part of thermal power plants and represent a large technical complex for power generation. The energy strategy of Ukraine for the period up to 2035 "Safety, energy efficiency, competitiveness" envisages increase of energy efficiency at the stage of generation of electricity and heat. Therefore, an important task is to investigate the damage to the elements of the thermal power plants to increase the reliability of their work.

The power units include many equipment and components that support the operation of the thermal power plants. The main elements of the thermal power plants include: boiler equipment, turbine unit, turbine generator, mechanical and electrical equipment, fuel preparation system, water equipment, pipelines and steam lines. It is relevant to investigate the damage of steam lines, which have already worked out their project and park resources. It should be noted that welded joints of steam pipes are damaged much more than the steam lines themselves. Stopping of power units, which caused damage to metal welded joints, ranges from 50-70% of the total number of forced stops. The power unit's stop is accompanied by significant financial losses. Therefore, it is advisable to study the mechanism of damage, namely welded joints, in order to reduce this damage and increase the life of steam lines.

During the operation of steam lines in their metal, pores and cracks in creeps are beginning, caused by operating conditions - creep, and physical and chemical processes, which include:

- self-diffusion of elements of chromium, molybdenum, vanadium, silicon and manganese;
- formation of segregation in the boundary zones of grains-phase;
- simultaneous displacement of dislocations by the mechanism of sliding and creeping;
- redistribution of alloying elements of chromium, molybdenum, vanadium between grain-phase and corresponding carbides;
- passing of carbide reactions  $M_3C$ ,  $M_7C_3$ ,  $M_{23}C_6$
- Coagulation of carbide phases.

The formation of pores and the development of cracks in creep, in the metal of welded joints of steam pipes, occurs mainly because of the structural inhomogeneity in the metal of the heat affected zone (HAZ). During the operation of steam lines, cracks in fatigue also occur, the origin of which is caused by overheats and start-stop. An increase in the damage to the metal occurs when welded joints work more than 270,000 - 300,000 hours.

## ДИНАМІКА НАГРІВАННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ КАБЕЛІВ ІЗ ПЛАСТМАСОВОЮ ІЗОЛЯЦІЄЮ

<sup>1</sup>Голик О.В., <sup>2</sup>Бєлоусова Є.В., <sup>3</sup>Антонець Т.Ю.

<sup>1,2</sup>*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут»,*

<sup>3</sup>*ЗАТ «Завод Південкабель», м. Харків*

Впровадження у виробництво таких інноваційних видів кабельної продукції, як високовольтні кабелі з пластмасовою ізоляцією характерними особливостями яких є: більші, ніж у традиційних кабелів, площі перерізу жил і товщини ізоляції, що зумовлює одножильну конструкцію кабелю, особливості їх прокладання і використання, наприклад, прокладання у площині з обов'язковою транспозицією електропровідних екранів при заземленні їх на обох кінцях лінії. Крім того, для них характерна підвищена гранично допустима температура ізоляції, суттєва залежність теплопровідності і теплоємності ізоляції від температури. Наприклад, питома теплоємність поліетилену за температури 20°C становить 2300 Дж/кг°C, а за 80 °C становить 3750 Дж/кг°C. Суттєва також наявність елементів конструкції з високим питомим тепловим опором (у водо поглинаючої стрічки до 50 °C·м/Вт), що впливає на динаміку нагрівання СПЭ-кабелю, а отже його перевантажувальну здатність. Ці особливості вимагають перевірки придатності для застосування відомих розрахункових моделей динаміки нагрівання силових кабелів. Як приклад, для кабелю АПвПЭг 1×1300-220 результати розрахунків кривих нагрівання за моделями наведені на рисунку.

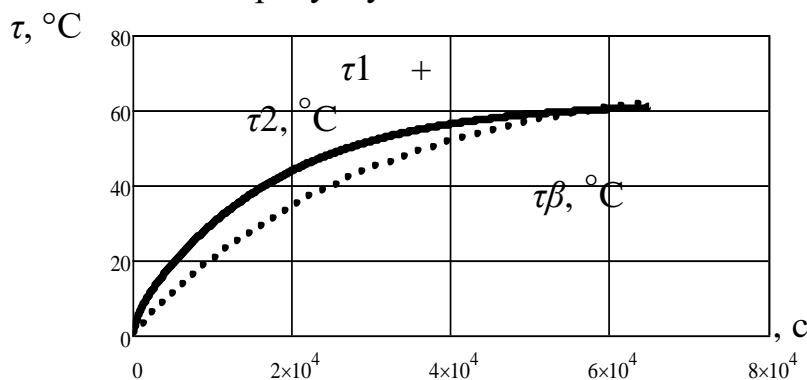


Рисунок Криві нагрівання кабелю АПвПЭг×1300-220

Для високовольтних кабелів з пластмасовою ізоляцією обидві моделі щодо визначення тривало допустимого струму дають практично однакові результати. Але для визначення перевантажувальної здатності таких кабелів необхідне застосування методу зосереджених теплоємностей, оскільки динаміка нагрівання впродовж перших кількох годин перевантаження суттєво залежить від теплоємності жили і прилеглої до неї ізоляції.

### Література:

1. Визначення навантажувальної здатності силових кабелів: навч.-метод. посібник./А.Г. Гурин, Л.А. Щебенюк. – Х.: Вид-во «Підручник НТУ «ХПІ», 2013.- 136 с

## ОЦІНКА ЗБІЛЬШЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ ЖИЛ ВИСОКОВОЛЬТНИХ КАБЕЛІВ ІЗ ПЛАСТМАСОВОЮ ІЗОЛЯЦІЄЮ

<sup>1</sup>Голик О.В., <sup>2</sup>Ільченко Є.О., <sup>3</sup>Антонець С.Ю.

<sup>1,2</sup>*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут»,*

<sup>3</sup>*ЗАТ «Завод Південкабель», м. Харків*

Високовольтні кабелі із зшитою поліетиленовою ізоляцією є інноваційною продукцією вітчизняної кабельної промисловості, що відрізняється від традиційних рядом особливостей конструкції, які впливають на їх пропускну здатність. Найперша з них: більші, ніж у традиційних маслосиповнених кабелів, значення площі перерізу жил до 2000 мм<sup>2</sup> і більше. Такі великі значення площі перерізу жил, якщо не застосувати спеціальні конструкції жил, зумовлюють недопустиме збільшення електричного опору жил і відповідно втрати в них.

Причиною є перерозподіл густини струму під дією власного змінного електромагнітного поля провідника. Це – поверхневий ефект. На розподіл густини змінного струму в провіднику впливає змінне електромагнітне поле сусідніх провідників, якщо такі є. Це – ефект близькості. Для кількісної оцінки цих впливів застосовують коефіцієнти поверхневого ефекту  $y_n$  і ефекту близькості  $y_b$ , які дорівнюють відносному збільшенню електричного опору змінному струму  $R \sim$  під впливом відповідного ефекту порівняно з електричним опором жили  $R_{жс}$  постійному струму:

$$R \sim = R_{жс} (1 + y_n + y_b) . \quad (1)$$

де  $y_n$  і  $y_b$  залежать від геометричних і електрофізичних параметрів.

Формула (1) є нормативною. В техніці силових кабелів для визначення  $y_n$  і  $y_b$  використовують спеціальні таблиці функцій аргументу  $x : x = r (2)^{0,5}/a$ , (2)

де  $a$  – глибина проникнення електромагнітного поля в метал жили:  $a = (\rho / \pi f \mu_0 \mu)^{0,5}$ ,  $r$  – радіус круглої жили чи еквівалентний радіус фасонної жили;  $\rho$  – питомий електричний опір металу жили за температури жили;  $f$  – частота;  $\mu_0$  – магнітна стала, що дорівнює  $4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м;  $\mu$  – відносна магнітна проникність.

**Висновок.** Відносне збільшення електричного опору змінному струму для різних значень площі перерізу жили кабелю становить до кількох десятків відсотків для площі (600 – 1300) мм<sup>2</sup>. Таке збільшення опору зумовлювало би значні економічні втрати, тому для жил перерізом від 400 мм<sup>2</sup> застосовують сегментну конструкцію жили. Для якої в формулу (2) для аргументу  $x$  вводять емпіричні коефіцієнти  $k_s$  і  $k_p$ , визначені експериментально:  $x_s = r (2 \cdot k_s)^{0,5} / a$ ;  $x_p = r (2 \cdot k_p)^{0,5} / a$ . За даними МЕК, ізолювання і скручування окремих багатопроволочних сегментів в жилу (сегментна конструкція) зменшує аргумент поверхневого ефекту на 66 % ( $0,435^{0,5} = 0,66$ ), а аргумент ефекту близькості на 60,8 % ( $0,37^{0,5} = 0,608$ ).

### Література:

1.. Карпушенко В.П. Силові кабелі низької та середньої напруги. Конструювання, технологія, якість/В.П. Карпушенко, Л.А. Щебенюк, О.А. Науменко, Антонець Ю.О.; Харків: Регіон-Інформ.2000.

## **ПРОГНОЗЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

**Гриб О.Г., Карпалюк И.Т., Швец С.В.**  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Современные тенденции в области технологий электроснабжения связаны с использованием систем, построенных на цифровых технологиях. Это управление и мониторинг технологических циклов передачи и преобразования электрической энергии, выполняющийся в цифровом виде. Очевидно, что при использовании цифрового сбора информации получают наборы данных, собранные с некоторым инкрементом времени, или иными словами временные ряды. Предлагается использовать методы обработки данных на основе исследования временных рядов, которые позволяют обнаруживать отклонения, но и позволяет выявить наличие, масштабы и периоды аварийного протекания процесса. Особое внимание авторы обращают на проблемы качества электроэнергии подходы к которому отражены в работе [1]. Предлагается проводить анализ данных по отклонению показателей качества электрической энергии как обработку временных рядов методом сингулярно-спектрального анализа (SSA - Singular Spectrum Analysis). Идея метода SSA состоит в преобразовании одномерного временного ряда в матрицу, исследовании ее с помощью анализа главных компонент (сингулярного разложения) и восстановлении (аппроксимации) ряда по выбранным главным компонентам [2, 3, 4]. Одна из проблем этого анализа - определение оптимальной длины фрагмента временного ряда при заданном горизонте прогноза. Возможно использование еще и выбора с эвристическим подходом, и использования факторов определяемых экспертно.

**Вывод:** Проведение анализа методом сингулярно-спектрального анализа на показателях качества электрической энергии позволит получить новые данные о причинах нарушения параметров качества и о возможных характеристиках (периодах и амплитудах, форме функции) предвещающих колебаниях, которые в свою очередь позволят построить модели для предсказания поведения показателей качества электрической энергии.

### **Литература:**

1. Качество электрической энергии. Том 2. «Контроль качества электрической энергии» Под ред. Гриба О.Г. – Харьков: Монография ПП«Граф-Ікс», 2014. – 244 с.
2. Главные компоненты временных рядов: метод “Гусеница” // Под ред. Д.Л. Данилова, А.А. Жиглявского. СПб: Пресском, 1997. – 308 с.
3. Голяндина Н.Э. Метод «Гусеница» SSA: анализ временных рядов. – СПб.: СПб ун-т, 2004. – 74 с.
4. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1990. – 586 с.

## **СТАРІННЯ ПАПЕРОВО-МАСЛЯНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПРИ ТРИВАЛІЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

**Гурин А. Г., Костюков І. О., Москвітін Є. С.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Традиційний аналіз, експлуатованої паперово-масляної ізоляції на працюючих трансформаторах у теперішній час виконується шляхом лабораторних проб масла, проведенням хроматографічного аналізу, визначенням рівню часткових розрядів та іншими методами. Якщо хроматографічний аналіз дозволяє однозначно характеризувати склад газів у трансформаторному маслі, то форма та спектр сигналів часткових розрядів в паперово-масляній ізоляції змінюється в залежності від методу їх вимірювання – електромагнітним, акустичним або радіаційним. Ця зміна пов'язана з фізико-хімічними процесами, що відбуваються в паперово-масляній ізоляції при її старінні.

Розгляд процесів, що відбуваються в паперово-масляній ізоляції показують, що з часом паперова ізоляція з гідрофільного стану переходить до гідрофобного завдяки утворенню парафіно-подібних з'єднань в маслі. Цьому сприяє довготривала експлуатація трансформаторів при знижених температурах і дії електричних полів, коли парафіністі осадки осідають на поверхню поздовжньої ізоляції паперово-масляної ізоляції катушок виштовхуючи воду до масляних прошарків між шарами паперу. У цьому випадку напруженість електричного поля й електричні часткові розряди служать ініціаторами вибуху продуктів розкладання води і масла – водню, метану та інших газів, які реєструються як акустичні імпульси від часткового розряду.

Порівняльний спектральний аналіз часткових розрядів у довготривало працюючої паперово-масляної ізоляції трансформатора показує необхідність їх визначення як електричним, так і акустичним методами, що доповнять одне одного за інформативністю, особливо у випадку довготривало працюючого енергетичного обладнання з паперово-масляною ізоляцією

## КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА СУЧАСНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Данильченко Д.О., Кузнецов Д.С.  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Значну частину електрообладнання будь-якого підприємства становлять пристрої обов'язковою умовою нормальної роботи яких є створення в них магнітних полів, а саме: трансформатори, асинхронні двигуни, індукційні печі та інші пристрої, які можна узагальнено охарактеризувати як "індуктивна навантаження". Оскільки однією з особливостей індуктивності є властивість зберігати незмінним струм, що протікає через неї, то при протіканні струму навантаження з'являється фазовий зсув між струмом і напругою (струм "відстає" від напруги на фазовий кут). Різні знаки у струму і напруги на період фазового зсуву, як наслідок, призводять до зниження енергії електромагнітних полів індуктивностей, яка заповнюється з мережі. Для більшості промислових споживачів це означає наступне: по мережах між джерелом електроенергії і споживачем крім здійснюючу корисну роботу активної енергії протікає і реактивна енергія, що не здійснює корисної роботи і спрямована тільки на створення магнітних полів в індуктивному навантаженні. Активна і реактивна енергії складають повну енергію, при цьому частка активної енергії по відношенню до повної визначається косинусом кута зсуву фаз між струмом і напругою –  $\cos \varphi$

Однак, протікаючи по кабелях і обмоток трансформаторів, реактивний струм знижує в межах їх пропускної спроможності частку переданої по ним активної енергії, викликаючи при цьому значні додаткові втрати в провідниках на нагрівання - тобто активні втрати. З цього випливає, що відповідно до сучасних правил розрахунку за електроенергію, споживач змушений як мінімум двічі платити за одні й ті ж непродуктивні витрати. Один раз - безпосередньо за спожиту з мережі реактивну енергію (за лічильником реактивної енергії) і другий раз - за неї ж, але побічно, оплачуючи активні втрати від протікання реактивної енергії, що враховуються лічильником активної енергії. Змінити цю ситуацію можна шляхом розміщення джерела реактивної енергії безпосередньо у споживачів - це дає можливість розвантажити мережі від реактивного струму і практично виключити всі вищеописані недоліки - тобто "компенсувати" індуктивну реактивну потужність. Таким джерелом служать інші фазосдвигаючі елементи - конденсатори. На протидію індуктивності, конденсатори прагнуть зберігати незмінним напругу на своїх затискачах, тобто для них струм "випереджає" напругу.

Оскільки величина споживаної електроенергії на будь-якому підприємстві ніколи не є постійною і може змінюватися в істотному діапазоні за досить малий проміжок часу, - то, відповідно, може змінюватися і співвідношення активної споживаної енергії в повній, тобто  $\cos \varphi$ . Причому, чим менше активне навантаження будь-якого індуктивного споживача (асинхронного двигуна, трансформатора), тим нижче  $\cos \varphi$ . З цього випливає, що для компенсації реактивної потужності необхідний набір обладнання, що забезпечує адекватне регулювання  $\cos \varphi$  в залежності від зміни умов роботи обладнання - тобто установка компенсації реактивної потужності (УКРМ).

## МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄДНАНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЧАСТОТИ

Довгалик О.М., Касай О.О., Шкребела А.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Питання регулювання частоти в об'єднаній енергетичній системі (ОЕС) України набувають особливої важливості в теперішній час у зв'язку з реструктуризацією ринку електричної енергії, де регулюванню частоти відводиться важлива роль на ринку допоміжних послуг, а також з перспективою інтеграції української енергосистеми з європейським об'єднанням системних операторів з передачі електроенергії (ENTSO-E). Відповідно до угоди про умови майбутнього об'єднання енергосистем України та Молдови з енергосистемою континентальної Європи ОЕС України повинна забезпечити регулювання частоти відповідно до вимог ENTSO-E в автономному режимі роботи. Першим кроком на шляху виконання зазначених угод є дослідження стану регулювання частоти в нинішніх умовах та оцінка відповідності забезпечення якості регулювання частоти вимогам ENTSO-E.

Для дослідження процесу регулювання частоти в середовищі MatLab Simulink була побудована модель ОЕС України, яка враховує особливості роботи електростанцій різного типу; основні параметри, які впливають на режим роботи енергосистеми; особливості характеристик автоматичних регуляторів, які застосовуються для забезпечення режиму; сталу механічну інерцію і статизм енергосистеми (рис. 1). Аналіз результатів моделювання перехідних процесів при втраті потужності генерації та навантаження показує, що в ізолюваному режимі ОЕС України буде працювати з показниками, які не відповідають вимогам ENTSO-E до регулювання частоти. Для забезпечення зазначених вимог необхідно вжити заходів з реконструкції обладнання електростанцій та збільшення резервних потужностей в ОЕС України.

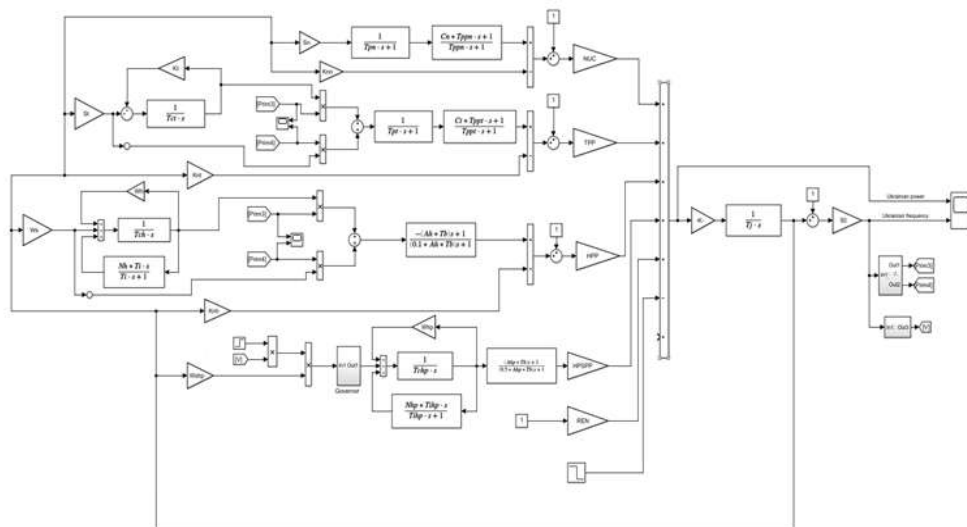


Рисунок 1 – Модель ОЕС України для дослідження частоти



## **ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ SMART GRID ПРИ РЕФОРМУВАННІ РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ**

**Довгалюк О.М.<sup>1</sup>, Лежнюк П.Д.<sup>2</sup>, Черемісін М.М.<sup>3</sup>**

**<sup>1</sup> Національний технічний університет**

**«Харківський політехнічний інститут»,**

**<sup>3</sup> Харківський національний технічний університет сільського господарства  
ім. Петра Василенка, м. Харків,**

**<sup>2</sup> Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця**

Сучасною світовою тенденцією розвитку енергетики є активне впровадження інформаційних технологій, направлених на розвиток «інтелектуальних» електромереж (Smart Grid). Для України в період реформування ринку електричної енергії це питання набуває особливої важливості, оскільки впровадження технологій Smart Grid сприяє забезпеченню підвищення ефективності та надійності роботи енергетичного сектору, що гарантує стабільний розвиток економіки країни, зростання рівня життя населення, захист навколишнього природного середовища.

На сьогоднішній день ДП «НЕК «Укренерго» впроваджує ряд пілотних технологій та проектів Smart Grid на рівні Системного Оператора та систем передачі і розподілу електроенергії: Observability (збільшення поінформованості диспетчера про режим роботи електричних мереж); RES Forecasting (впровадження системи прогнозування виробництва електроенергії з відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ)); Grid CIM Modeling & Transparency (створення інтеграційної платформи для збору технологічних даних по системам передачі і розподілу електроенергії щодо вартості нового підключення та показників якості електроенергії); Virtual Power Plant & Demand Responce & V2G (нівелювання наслідків стохастичності виробництва електроенергії з ВДЕ, дослідження використання електромобілів у первинному та вторинному регулюванні, технології залучення споживачів до вторинного та третинного регулювання, технології віртуальної електростанції) тощо.

Впровадження технологій Smart Grid в Україні потребує значних фінансових вкладень, проте дозволяє досягти значних результатів з підвищення ефективності роботи енергосистеми завдяки таким позитивним можливостям: прискорення впровадження окремих механізмів регулювання відносин між суб'єктами енергоринку; покращення роботи окремих сегментів ринку; підвищення ефективності інтеграції ВДЕ в енергосистему тощо.

Впровадження технологій Smart Grid потребує вирішення низки важливих питань, основними з яких є: гармонізація нормативно-правової бази України зі світовими стандартами; забезпечення функціональної сумісності обладнання і технічних стандартів; зміна концепції управління режимами роботи енергосистеми України; підвищення рівня інформаційної безпеки мереж управління обладнанням і передавання даних; залучення споживачів електроенергії до балансування потужності в енергосистемі відповідно до попиту тощо.

## **ЩОДО НЕОБХІДНОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ ТА РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ**

**Довгалюк О.М., Мірошник К.А.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В структурі генеруючих потужностей України останніми роками зростає доля атомних електростанцій (АЕС). У зв'язку з цим питання надійного та безпечного функціонування таких станцій стає все більш актуальним для енергетики України. Серед основних заходів щодо забезпечення надійності роботи АЕС є використання засобів автоматичного керування для забезпечення вимог до показників якості електричної енергії у нормальних режимах роботи, а також релейного захисту для запобігання виникненню аварійних режимів.

Проведений аналіз особливостей режимів роботи АЕС дозволив виявити основні вимоги до структури та функціонування зазначених систем, серед яких слід відзначити:

- основні види захисту від внутрішніх коротких замикань повинні забезпечувати швидке відключення пошкоджень будь-якого елемента блоку станції; при цьому не повинні залишатися жодної ділянки первинної схеми, що не входить в зону дії захистів;
- резервні системи захисту енергоблоку повинні охоплювати всі його елементи і забезпечувати ближнє і дальнє резервування основних захистів блоку і прилеглої мережі;
- пошкодження, що не супроводжуються коротким замиканням і не відбиваються на роботі енергоблоку, повинні швидко відключатися, якщо їх розвиток може призвести до значних руйнувань обладнання;
- аварійні режими (наприклад, перевантаження, втрата збудження та ін.) повинні автоматично ліквідуватися захистом, якщо вони неприпустимі для обладнання або для енергосистеми;
- у випадках, коли не потрібна негайна ліквідація аномального режиму, допускається тільки сигналізація про їх виникнення;
- дія пристроїв релейного захисту має бути пов'язана з технологічними захистами і автоматикою енергоблоків та усієї АЕС.

Для підвищення ефективності функціонування систем захисту та виконання вищезазначених вимог доцільним є впровадження інтелектуальних автоматизованих систем онлайн-моніторингу, контролю та керування (так званого Smart Grid концепту).

Як показує світовий досвід, використання подібних рішень дозволяє швидко і з мінімальними трудовими та матеріальними затратами значно покращити керованість та надійність роботи електричних станцій та енергетичних систем в цілому, а також суттєво підвищити якість електроенергії за рахунок потокового регулювання більшості параметрів електричної мережі.

## **ПРИМЕНЕНИЕ IS-LIMITER В СИСТЕМАХ ПИТАНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД**

**Довгалоук О.Н., Пиротти А.Е.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Тенденция к повышению параметров мощности линий и все возрастающая сложность энергосистем повышают вероятность того, что распределительные устройства будут подвергаться воздействию недопустимо высоких токов короткого замыкания. Надежную и экономичную защиту от таких бросков тока обеспечивает ограничитель тока Is-limiter.

Это быстродействующее коммутационное устройство срабатывает, создавая достаточный заряд для разрыва главной цепи, по которой протекает ток в нормальном режиме. Ток КЗ переключается на параллельно подключенный предохранитель с большой отключающей способностью, который моментально ограничивает ток КЗ в фазе нарастания. Ограничители тока Is-limiters успешно используются более чем на 2500 станциях в 70 странах мира.

Все чаще системы питания собственных нужд объектов, работающие параллельно с сетями общего пользования, можно встретить как в промышленном секторе, так и в сфере услуг. При повреждении в коммунальной сети дополнительная подпитка точки КЗ от источника энергоснабжения собственных нужд станции приведет к превышению допустимых уровней токов на шинах РУ электростанции.

При необходимости Is-limiter может отвечать требованиям направленного срабатывания. В этом случае потребуется установка трех дополнительных трансформаторов тока в главных цепях генератора, обмотки которого соединены в «звезду». При использовании критерия направленности действия Is-limiter будет срабатывать только при коротких замыканиях в коммунальной сети электроснабжения.

## РАСЧЕТНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ПОДСТАНЦИЙ

Земцов А. А., Приходько А. О., Степаненко Е. А.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

При проектировании схем развития распределительных сетей энергосистем определяются перспективные электрические нагрузки подстанций:

1) для выбора мощности трансформаторов подсчитывается *максимальная электрическая нагрузка подстанций*;

2) для выполнения расчетов потокораспределения в сетях подсчитывается *нагрузка каждой подстанции в период прохождения максимума нагрузки энергосистемы*.

При расчете нагрузок подстанций используются следующие *режимные коэффициенты*:

1) для определения максимальной электрической нагрузки подстанций применяется *коэффициент разновременности максимумов*  $k_{р.м}$  (именуемый также *коэффициентом несовпадения максимумов нагрузки потребителей, коэффициентом одновременности*)

$$k_{р.м} = P_{пс} / \sum P_i, \quad (1)$$

где  $P_{пс}$  – максимальная нагрузка подстанции;  $\sum P_i$  – максимальные нагрузки потребителей, питающихся от подстанции;

2) для определения нагрузки подстанции в период прохождения максимума нагрузки энергосистемы применяются *коэффициенты попадания в максимум энергосистемы*

$$k_{м} = P_{пс (нб)} / P_{пс}, \quad (2)$$

где  $P_{пс (нб)}$  – нагрузка подстанции в период максимума нагрузки энергосистемы;  $P_{пс}$  – максимальная нагрузка подстанции.

Ориентировочные значения режимных коэффициентов приведены в [1; 2].

Расчеты с использованием режимных коэффициентов могут дать только ориентировочные значения максимальных электрических нагрузок подстанций и энергосистемы в целом. Более точные значения указанных величин можно найти на основе построения суммарных графиков нагрузки подстанций и энергосистемы. В последнем случае максимальная нагрузка энергетической системы (энергорайона) будет равна сумме нагрузок подстанций и потерь мощности в сети.

### Литература:

1. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / В. В. Ершевич, А. Н. Зейлигер, Г. А. Илларионов и др.; под ред. С. С. Рокотяна и И. М. Шапиро. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 352 с.
2. Справочник по проектированию электрических сетей / Д. Л. Файбисович, И. Г. Карапетян, И. М. Шапиро; под ред. Д. Л. Файбисовича. М. : И-во НЦ ЭНАС. 2012. – 376 с.

## УПРАВЛІННЯ БАЛАНСОМ ПОТУЖНОСТІ І ЧАСТОТИ В ЕНЕРГОСИСТЕМІ НА ОСНОВІ КОНСЕНСУСНОГО АЛГОРИТМУ

Івахнов А.В., Лазуренко О.П.

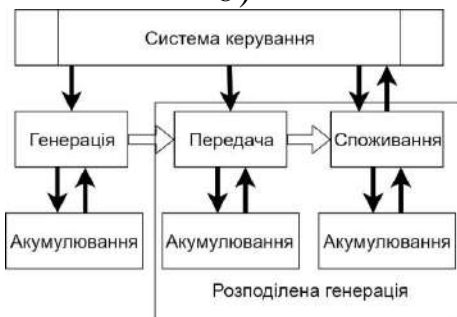
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Надійна робота електроенергетичної системи неможлива без постійної підтримки балансу активної потужності, який безпосередньо пов'язаний і з частотою, тому це є постійно актуальним питанням. Традиційно в енергосистемі є: *первинне регулювання* (за рахунок частоти обертання енергоблоків відповідно до їх статичної і астатичної характеристик) і *вторинне регулювання* (відновлення нормального рівня частоти і відповідних режимів перетікання потужності між частинами енергосистеми). Схема керування в такій традиційній системі показана на рис.1 а).

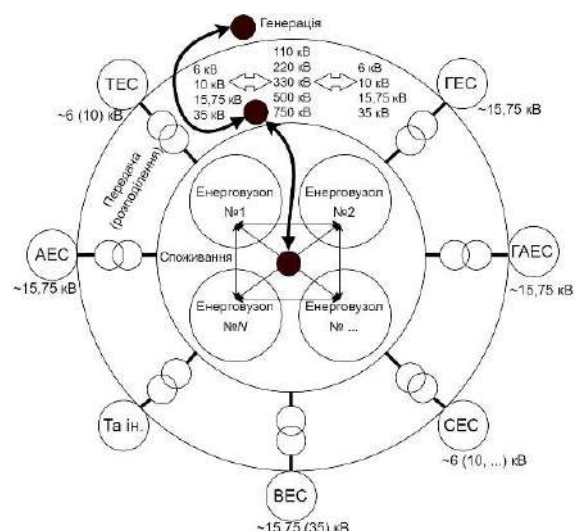
Сучасний етап розвитку «інтелектуальних» енергосистем передбачає наявність в них таких нових об'єктів як: відновлювальні джерела електроенергії, керовані споживачі (споживачі-регулятори), системи накопичення електроенергії та ін. «Нові» учасники енергосистеми потребують необхідності переходу до нової форми регулювання балансу потужності та частоти. В якості такого підходу пропонується **консенсусне управління**, в якому основним принципом є об'єднання «нових» учасників в регіональні (технологічні) енерговузли, в межах яких дотримується умова енергобалансу  $P_{\text{ген}} = P_{\text{спож}}$ , з енергозв'язком між собою та основною енергосистемою. Система керування при консенсусному управлінні показана на рис.1 б). Приклад можливої схеми реалізації консенсусного управління для існуючої енергосистеми показано на рис.1 с).



b)



d)



c)

Рисунок 1 – Структури енергосистеми і систем керування: а) схема системи керування «традиційної» енергосистеми, б) схема системи керування при «новому» підході, в) схема реалізації консенсусного управління для енергосистеми

## **МОДЕЛЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ В ПЕРВИННІЙ ТА ВТОРИННІЙ ОБМОТКАХ ІМПУЛЬСНОГО ТРАНСФОРМАТОРУ НА ПАРАМЕТРИ НАПРУГИ НА ЄМНІСНОМУ НАВАНТАЖЕННІ**

**Костюков І.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В практиці формування тестових імпульсів напруги для випробування електричної міцності електрообладнання широко застосовуються генератори імпульсних напруг, що побудовані за схемою Маркса. В той же час, для формування імпульсів напруги можливе також застосування схем іншого типу, побудованих на застосуванні імпульсних трансформаторів, а також схем, побудованих на застосуванні коаксіальних кабелів, при паралельному їх з'єднанні на вході формуючої схеми та при послідовному з'єднанні на виході формуючої схеми. До переваг перелічених схем, в порівнянні з більш розповсюдженим типом генераторів побудованих за схемою Маркса, в першу чергу відносять меншу кількість комутуючих елементів. В той же час, у випадку наявності вимог щодо форми сформованих імпульсів на тестовому об'єкті, наприклад при випробуванні ізоляції імпульсами, що імітують грозові чи комутаційні перенапруги, суттєві переваги у порівнянні з іншими схемами має схема генератора Маркса, оскільки саме її застосування дозволяє набагато точніше дотримуватись таких вимог. Саме тому формування тестових імпульсів напруги, сформованих із застосуванням імпульсних трансформаторів, з метою використання таких переваг цих схем як компактність та менша кількість комутуючих елементів, зумовлює необхідність врахування впливу паразитних параметрів схеми, а також втрат потужності в первинній та вторинній обмотках на параметри напруги на тестовому об'єкті.

Розроблена математична модель дозволяє враховувати вплив омичних втрат в обмотках імпульсного трансформатору на перехідні процеси в первинній та вторинній обмотках трансформатору, що виникають внаслідок розряду накопичувальної ємності, при нехтуванні паразитними ємностями первинної та вторинної обмоток відносно землі та паразитної ємності між первинною та вторинною обмотками. Проведене математичне моделювання засвідчило можливість суттєвого зменшення осциляцій напруги на електричній ємності тестового об'єкту при збільшенні омичного опору первинної та вторинної обмоток трансформатору із одночасним зменшенням амплітуди напруги на ємності. При достатньо великому значенні електричного опору обмоток на ємності досліджуваного об'єкту можливе формування імпульсів напруги за формою близьких до аперіодичних, в той же час, навіть при аперіодичному розряді накопичувальної ємності, не вдається повністю уникнути коливального характеру напруги наведеної у вторинному ланцюзі, що створює труднощі при формуванні аперіодичних імпульсів напруги на тестовому об'єкті.

## ОБЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ ВЫБОРА СЕЧЕНИЙ ПРОВОДНИКОВ

Крешун Д. А., Купченко В. В., Пилипчук В. А.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Выбор сечения проводников линий является одной из важнейших задач проектирования и сооружения большинства электрических сетей, т. к. сооружение и эксплуатация многочисленных линий связаны со значительными капиталовложениями, основными расходами проводниковых материалов, потерями мощности и электроэнергии.

При существенном влиянии электрических сетей на экономичность электрических систем в современных масштабах электрификации страны выбор целесообразных экономических сечений проводников имеет важное народнохозяйственное значение. Это относится прежде всего к выбору сечений в распределительных сетях, сооружение и эксплуатация которых связана с основными затратами, расходами проводниковых материалов и потерями мощности и электроэнергии.

Выбор экономических сечений должен являться главным, определяющим методом расчета электрических сетей, однако при этом необходимо учитывать ряд технических требований, накладывающих соответствующие ограничения на выбираемые сечения:

1) минимальные значения сечений проводов ВЛ 110 кВ и выше по условиям короны и радиопомех:

$$F_i \geq F_{\text{нм кор}}; \quad (1)$$

2) минимальное значение сечения проводов ВЛ 35 кВ и ниже с малой плотностью нагрузки по условиям механической прочности и конструктивным соображениям:

$$F_i \geq F_{\text{нм мех}}; \quad (2)$$

3) минимальное значение сечения проводников линий всех классов напряжений по условиям нагрева длительно допустимым током нагрузки в нормальных и послеаварийных режимах:

$$F_i \geq F_{\text{нм нагр}}; \quad (3)$$

4) минимальное значение сечения жил кабельных линий, не защищенных плавкими предохранителями, по условиям протекания токов короткого замыкания:

$$F_i \geq F_{\text{нм КЗ}}; \quad (4)$$

5) минимальное значение сечения проводников воздушных и кабельных линий всех классов напряжений по условиям соблюдения допустимых потерь напряжения в электрической сети, определяемых нормируемыми отклонениями напряжения на зажимах потребителей в нормальных и послеаварийных режимах:

$$F_i \geq F_{\text{нм.}\Delta U}. \quad (5)$$



## **DGA AS A KEY DIAGNOSTIC METHOD FOR OIL-FILLED EQUIPMENT UNDER OPERATING VOLTAGE**

**Kulyk O.S., Ponomarenko S.G.**

*National Technical University*

*«Kharkiv Polytechnic Institute»,*

*Kharkiv*

In the last decade, the chromatographic analysis of dissolved gases (DGA) in oil has been widely used to diagnose the condition of oil-filled equipment and has shown satisfactory results. Electrical personnel and electricians are required to correctly select the oil sample and deliver it to the laboratory, and after the analysis – to correctly interpret its results and decide on the further operation of this equipment.

Oil parameters are usually evaluated in separate groups, which show its characteristics. Since different oils have different properties, it is also necessary to identify the oil used in this equipment. DGA allows track the development of processes in the equipment, identify defects at an early stage of their development that is not detected by traditional methods, determine the expected nature of the defect and the degree of damage and correctly navigate in determining the location of damage. The same types of defects can be characterized by the presence of different gases. Distributing one type of defects entails the emergence of new ones, so their timely detection and elimination will not only avoid accidents, but also extend the life of the equipment. As a rule, the analysis is carried out not for all gases, but for some of them. However, the smaller the range of gases is taken into account, the less it is possible to detect the beginning damage to the equipment in a timely manner.

There are two most common ways to extract gases from oil. In the first way, the oil sample is taken into glass syringes with a volume of 5 or 10 ml. This method is used in the case of the release of dissolved gases in the oil by vacuum. In the second way, to improve the accuracy of the results and the partial release of dissolved gases in the oil, the sample is taken into the oil sampler. However, the required volume of oil is several liters, which complicates the sampling and transportation. After the analysis, the laboratory produces only results indicating a deviation from the norm of the content of certain dissolved gases. The decision on the further operation of the equipment is taken by the electrical service.

An important advantage of DGA method is that it allows you to monitor the technical condition of the transformer. Despite these advantages of DGA, none of the methods provides complete extraction of all gases from the oil. It is bounded with the solubility factor of each gas, which must be taken into account in the final determination of the concentration.

### **References:**

1. Bashirov M., Prakhov I., Bogdanov D., Bulankin E., Molchanov N. Modern estimation methods of technical condition and forecasting of high voltage transformer resource // Transport and storage of petroleum products and hydrocarbon. – 2016. №4 – pp. 63-66

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СХЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ СОБСТВЕННЫХ НУЖД НА ТЭЦ**

**Лазуренко А.П., Кругол Н.М.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Работа Украинских ТЭЦ по тепловому графику нагрузки приводит к работе механизмов собственных нужд в ненормальных режимах, что сказывается на комплексных показателях энергоэффективности станций. Для обеспечения экономичной их работы необходимо внедрять современные способы регулирования производительности механизмов собственных нужд.

Одним из таких способов может стать групповое регулирование производительности центробежных механизмов, суть которого заключается в том, что к одному частотному преобразователю подключается группа механизмов с близкими рабочими характеристиками. Для данной группы определяется групповая частота питающего напряжения, которая задает базовый режим работы оборудования. Необходимое дорегулирование насосов и вентиляторов осуществляется за счет классических способов – дросселирования, изменения угла открытия направляющего аппарата, байпасирования.

Предполагается проведение модернизации и реконструкции существующих распределительных устройств собственных нужд ТЭЦ. Для старых ТЭЦ, у которых распределительные устройства собственных нужд выполнены по схеме с двумя системами шин, если уже установлены современные выключатели, капиталовложения при внедрении группового регулирования производительности будут минимальными, поскольку не будет затронуто конструктивное исполнение распределительного устройства.

Для распределительных устройств с одной системой шин будет необходима замена части ячеек, от которых питаются механизмы участвующие в групповом регулировании производительности.

Групповой частотный преобразователь питается от основной системы шин, его выход подключен к групповой системе шин. Автоматический ввод резерва осуществляется с помощью шиносоединительного выключателя. Состав группы механизмов собственных нужд участвующих в групповом регулировании может меняться.

Также исследуется возможность внедрения данного способа на блочных ТЭС. Предпосылкой этого являются переменные режимы работы станций при суточном регулировании графика нагрузки энергосистемы.

Расчетный срок окупаемости рассмотренных способов повышения энергоэффективности работы механизмов собственных нужд ТЭЦ составляет 2-4 года, что дает надежду на дальнейшее внедрение группового способа регулирования механизмов собственных нужд на украинских ТЭЦ.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗГОРЯННЯ В ОПОЗИТНОМУ ДВОТАКТНОМУ ДВИГУНІ З ПРОТИЛЕЖНО РУХОМИМИ ПОРШНЯМИ**

**Лал А.Г., Парсаданов І.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Двотактні дизелі з протилежно рухомими поршнями знаходять широке застосування в якості енергетичних установок, що обумовлено їх високими показниками паливної економічності, габаритної і літрової потужності. Виробництво цих двигунів налагоджено в багатьох провідних країнах світу, серед яких США, Англія, Німеччина, Японія, Росія.

Аналіз сучасних тенденцій розвитку енергетичних установок для наземних транспортних машин показує, що агрегатна потужність двигуна складає 850-1000 кВт. Та в останній час усі провідні країни ведуть активну модернізацію бронетехніки техніки з дизелями потужністю більш за 1100 кВт.

За питомою літровою потужністю вітчизняні дизелі відповідають світовому рівню, але пошук шляхів подальшого форсування є необхідним для збереження позицій поміж конкурентних розробок. Так як ефективність сучасних дизелів досягається при своєчасному і повному згорянні палива (в іншому випадку згоряння може супроводжуватися значною втратою теплоти та зменшенням корисної роботи), то актуальною задачею є визначення резервів удосконалення процесів сумішоутворення і згоряння.

Для дослідження впливу окремих показників і параметрів, таких як вихрове відношення, тиск упорскування, кут випередження впорскування, циклова подача, тиск наддуву, кількість отворів у розпилювачі та кут їх розташування на згоряння було проведено математичне моделювання робочого процесу двотактного дизеля типу ТД. Оцінка впливових факторів на показники дизеля проводилася за розподілом палива по зонах, отриманого за допомогою програми візуалізації процесу руху паливних струменів.

Отримані результати дають змогу стверджувати, що струмінь палива лише у самому початку руху, коли паливо виходить з отвору розпилювача, переміщується під дією енергії палива. Надалі струмінь під дією енергії вихрового заряду розвертається в сторону його руху. Візуалізація руху палива вказує на можливість зменшення контакту ядра струменя зі стінкою камери згоряння та збільшення об'єму зони випарювання палива при скороченні часу паливоподачі, тобто підвищенні тиску впорскування. Це призводить до значних змін у розвитку струменя і, відповідно, показників тепловиділення. Позитивний ефект складається із суттєвого росту швидкості тепловиділення і зони випарювання палива, при зменшенні площі контакту струменя зі стінкою камери згоряння.

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ НАПРУГОЮ 0,4 кВ**

**Леbedка С.М., Кучерявий Р.М.**  
*Сумський державний університет,  
м. Суми*

Сьогодні, коли широко застосовується комп'ютерна техніка, розрахунок перехідних режимів роботи електричної мережі неможливий без використання відповідного програмного забезпечення. Воно звільняє від рутини складних математичних розрахунків та використання в дослідженнях дорогого лабораторного обладнання і вимірювальних засобів для перевірки правильності виконаних розрахунків. Метою дослідження є побудова функціонуючої моделі реально існуючої трансформаторної підстанції, що дозволяє моделювати аварійні режими роботи та фіксувати цифрограми перехідних процесів, що протікають в мережі напругою 0,4 кВ.

Для цього використаний пакет програм MATLAB, а саме інтерактивний інструмент Simulink, що має велику бібліотеку блочних компонентів та зручну панель редагування цих компонентів. Simulink автоматизує найскладніший етап моделювання – він складає і розв'язує системи диференціальних рівнянь, що описують задану модель та одночасно забезпечує зручний візуальний контроль за поведінкою моделі.

Для досягнення зазначеної мети розв'язані наступні задачі:

- побудована схема заміщення дослідженої підстанції, використовуючи пакет програм Simulink;
- здійснено налаштування параметрів кожного елемента схеми;
- здійснено моделювання відповідних аварійних режимів роботи та зафіксовано результати дослідів.

Проведено моделювання перехідних процесів та отримано результати у вигляді відповідних графіків в результаті проведення досліду з підключення до мережі активно-індуктивного навантаження, конденсаторної установки з наступним виникненням однофазного короткого замикання на землю та досліду з пуску асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором і наступним виникненням трифазного короткого замикання. Результатами моделювання є отримані цифрограми (графіки) зміни електричних та механічних характеристик елементів мережі. На графіках видно моменти підключення електричної лінії до мережі та однофазного короткого замикання, внаслідок чого відбувається різке збільшення струмів та напруг на пошкодженій фазі.

При моделювання перехідних процесів при пуску асинхронного двигуна та виникненні трифазного короткого замикання спостерігається спотворення синусоїди.

В результаті виникнення трифазного короткого замикання відбувається падіння струму на обмотках статора двигуна, стрімке зниження кількості обертів двигуна та спотворення характеристики електромагнітного моменту двигуна.

## **КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ ПРИСКОРЮВАЧА ЕЛЕКТРОНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ, ПРИЗНАЧЕНОГО ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ ЗАСТОСУВАНЬ**

**Ложкін Р. С.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Прискорювачі електронів постійного струму застосовуються в багатьох радіаційних технологіях: для очистки стічних вод і викидних газів промислових підприємств; для покращення властивостей матеріалів, для перероблення органічних осадків тощо. Для промислових застосувань є потреба в потужності електронного пучка в діапазоні від одиниць кіловат до 10 МВт, енергія ж електронів для більшості технологічних застосувань не перевищує 2 МеВ.

Такі параметри електронного пучка можна забезпечити багатьма різноманітними типами прискорювачів: наприклад, лінійними індукційними прискорювачами, резонансними прискорювачами, прискорювачами трансформаторного типу тощо.

В докладі проведено порівняльний аналіз різних типів прискорювачів, означено їх переваги та недоліки, та показана концептуальна схема побудови промислового прискорювача електронів постійного струму, який можна легко масштабувати на потужність електронного пучка від одиниць кіловат до 10 МВт, із застосуванням однотипних елементів системи живлення та генерації електронного пучка.

Основа концепції полягає в застосуванні однотипних діодно-ємнісних каскадів по типу схеми Кокрофта-Уолтона, що застосовуються для помноження та випрямлення електричної напруги, із забезпеченням можливості паралельної роботи багатьох каскадів на загальне навантаження, утворене багатьма керованими електронними інжекторами постійного струму, включеними паралельно, кожен з яких генерує струм електронного пучка в міліамперному діапазоні. Для забезпечення керування інжекторами електронів планується застосування типових схем із застосуванням оптичного каналу або радіоканалу. Для живлення каскадів можуть бути застосовані напівпровідникові інвертори підвищеної частоти.

Отримані результати корисні для створення промислових прискорювачів електронів постійного струму, які конструктивно легко масштабувати для забезпечення генерації електронного пучка в великому діапазоні середньої потужності.

## ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПРОВОДОВ ДЛЯ ЛЭП

Ломов С.Г.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В самом общем случае для любых марок проводов, работающих в стационарном режиме, пропускная способность по току определяется на основе уравнение теплового баланса, который записывается как

$$Q + E_{\Pi} - E_{II} = \frac{t_{жс} - t_{oc}}{\Sigma R_T}, \quad Bm / m \quad (1)$$

где:  $Q$  - тепловой поток, выделенный в 1 м токопроводящей жилы провода активной составляющей рабочего тока,  $Bm / m$ ;  $\Sigma R_T$  - тепловое сопротивление тепловому потоку, выделенному в 1 м провода,  $K \cdot m / Bm$ ;  $E_{\Pi}$  - мощность поглощения наружной поверхностью провода теплового потока интегрального солнечного излучения (солнечной радиации) на один метр длины провода,  $Bm / m$ ;  $E_{II}$  - мощность излучения интегрального теплового потока с поверхности провода длиной один метр,  $Bm / m$ .

### 1. Расчет пропускной способности для голых проводов

$$I_{доп} = \sqrt{\frac{\alpha S_{\varepsilon_1} (t_{жс} - t_{oc}) + \varepsilon_1 \zeta \left[ (243 + t_{жс})^4 - (273 + t_{oc})^4 \right] S_{\varepsilon_2} - \gamma H d}{R_{жс}}}, \quad A \quad (2)$$

где:  $\zeta$  - постоянная Стефана-Больцмана,  $\zeta = 5,67 \cdot 10^{-8}$ ,  $Bm / m^2 \cdot K^4$ ;  $\varepsilon_1$  - степень черноты поверхности голого провода;  $S_{\varepsilon_1}$  - эквивалентная расчетная поверхность конвективной теплоотдачи поверхности голого провода  $m^2$ ;  $S_{\varepsilon_2}$  - эквивалентная расчетная теплоизлучающая поверхность голого провода;  $H$  - интенсивность интегрального солнечного излучения (солнечной радиации),  $Bm / m^2$ . В нормативных документах, как правило,  $H = 1000 Bm / m^2$ ;  $\gamma$  - коэффициент абсорбции (коэффициент поглощения) интегрального теплового потока солнечного излучения (солнечной радиации) поверхностью провода;  $R_{жс}$  - электрическое сопротивление постоянному току при максимальной температуре эксплуатации, Ом/м;  $d$  - диаметр голого провода, м;  $\alpha$  - коэффициент конвективной теплоотдачи,  $Вт / m^2 K$ .

### 2. Расчет пропускной способности для защищенных проводов (СИПЗ)

$$I_{доп} = \sqrt{\frac{\frac{t_{жс} - t_{oc}}{\frac{\sigma}{2\pi} \ln \frac{d_1}{d_{жс}} + \frac{1}{\alpha \pi d_1}} + \varepsilon_2 \zeta \left[ \left( B - \frac{\sigma \cdot I^2 R_{жс}}{2\pi} \ln \frac{d_1}{d_{жс}} \right)^4 - C \right] \cdot \pi d_1 - \gamma H d_1}{R_{жс}}}, \quad A \quad (3)$$

где:  $B = (273 + t_{жс}), K$ ;  $C = (273 + t_{oc}), K^4$ ;  $d_1$  и  $d_{жс}$  - соответственно внешний диаметр защищенного провода и диаметр ТПЖ защищенного провода, м;  $\sigma$  - удельное тепловое сопротивление электрической изоляции защищенного провода,  $Км / Вт$ .

**ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ВЛЗ С Al-Zr ЗАЩИЩЕННЫМИ ПРОВОДАМИ****Ломов С.Г.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Одной из важнейших инновационных технологий в энергетике в наши дни является применение Al-Zr сплава для проводов воздушных (ВЛ) линий электропередачи. Какова перспективность применения этого сплава для защищенных проводов (ЗП) воздушных линий (ВЛЗ) низкого и среднего напряжений. В [1] впервые предлагается конструкция ЗП для ВЛЗ 20 – 35 кВ с токопроводящими жилами (ТПЖ), выполненными из Al-Zr сплава марки ZTAL. Изоляция ЗП выполнена из керамообразующей силиконовой резины марки Elastosil R 502/75 с применением силиконового клея марки Elastosil 43 для гидрофобизации ЗП и увеличения адгезии силиконовой изоляции к ТПЖ.

Таблица 1. Параметры алюминиевого и Al-Zr сплавов для ТПЖ.

Марка сплава	МЭК 62004	Сопротивление	$t_{\max}$	Прочн. на разр.
		Ом·м	°C	Н/мм <sup>2</sup>
Алюминий АТ	-	$2,877 \cdot 10^{-8}$	90	170
ZTAL	АТЗ	$2,873 \cdot 10^{-8}$	210	159-176

В таблице 2 приведены результаты расчета экономической эффективности ВЛ и ВЛЗ с различными типами проводов. Расчет проведен для одноцепной линий 20 кВ длиной 10 км для максимально напряженных климатических районов, с бетонными опорами типа СВ105-1 и с арматурой фирмы «Niled».

Таблица 2. Экономическая эффективность ВЛ и ВЛЗ с Al и Al-Zr проводами.

Марка провода	$I_{\text{доп}}$	Максим. активная мощность линии	Стоимость проводов для ВЛ или ВЛЗ	Стоимость в целом ВЛ или ВЛЗ	Годовая стоимость передачи эл.энергии
	А	МВт	млн. грн.	млн. грн.	млн. грн.
АС-120/19	397	7,94	1,3	6,4	12,52
СИПЗ-120 (20кВ)	362	7,24	2,4	7,5	11,41
СИПЗZTAL-120(20кВ)	542	10,84	7,8	12,9	17,09

**Литература:**

1. Ломов С.Г. Защищенный изолированный провод для защищенной повітряної лінії передачі електричної енергії. Патент України № на корисну модель, 2018, бюл. №20.



## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЯГОВОГО ПРИВОДА С НАКОПИТЕЛЕМ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

**<sup>1</sup>Маслий А.С. <sup>2</sup>Оверьянова Л.В., <sup>2</sup>Омельяненко О.В.,**

**<sup>1</sup>Украинская государственная академия железнодорожного транспорта,**

**<sup>2</sup>Национальный технический университет**

**«Харьковский политехнический институт»,**

**г. Харьков**

Моделирование тягового электропривода электроподвижного состава определяется конфигурацией схемы, цикличностью движения и стратегией управления.

Конфигурация схемы подразумевает отсутствие или наличие в ней накопителя энергии и схемы его соединения. Накопитель дает возможность отделить тяговую сеть от цепи автономного инвертора напряжения и тягового электродвигателя. Тогда процесс получения энергии от тяговой сети может быть сведен к оптимуму, в результате чего следует ожидать более низкого расхода электроэнергии и повышения ее качества.

В цикле движения железнодорожного транспорта имеет место работа тягового привода в трех фазах – разгона, движения с заданной скоростью и торможения. Скорость при этом находится в связи с максимальными ускорениями и замедлениями. Это приводит к минимальному времени протекания транспортного цикла.

Стратегия управления подвижным составом включает три уровня.

Первый уровень стратегии преследует цель достигнуть прохождения определенного участка пути за минимальное время. Важнейшим итогом решения задачи этого уровня являются выработанные требования к параметрам и характеристикам накопителя энергии, который по своим массогабаритным показателям, механическим, электрофизическим и другим свойствам будет эффективен при использовании его в рассматриваемом электроподвижном составе.

На втором уровне формируются перетоки энергии между компонентами тягового привода в различных режимах его работы. На базе этих перетоков определяются требуемые значения мощностей и их компонент для тяговой сети, входных зажимов автономного инвертора напряжения тягового электродвигателя, а также входных зажимов преобразователя накопителя энергии, которые дают возможность реализовать поставленную цель во всех режимах работы подвижного состава.

Третий уровень управления осуществляется в каждом из компонент схемы. Именно здесь формируются требуемые характеристики мощности и ее составляющие для цепей тягового двигателя, накопителя энергии и тяговой сети. Это является базой первого и второго уровней управления, что дает возможность обеспечить перемещение подвижного состава с максимальной скоростью при минимуме энергопотребления от тяговой сети.

## **ГІБРИДНА ВІДНОВЛЮВАНА ЕЛЕКТРИЧНА СТАНЦІЯ З ЕЛЕКТРОМАШИНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ І ЗБІЛЬШЕННОЮ ІНЕРЦІЄЮ ОБЕРТОВИХ МАС**

**Махотіло К. В., Червоненко І. І.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
г. Харків*

Стрімкий розвиток відновлюваної енергетики суттєво ускладнює підтримання заданих режимів роботи і забезпечення стійкості об'єднаної енергосистеми. Окрім відомої проблеми волатильності генерації відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) до негативних факторів, які впливають на стійкість енергосистеми, відноситься і зменшення обсягів «міді, що обертається». Мережеві інвертори фотоелектричних систем (ФЕС) та вітрогенераторів (ВГ) позбавлені інерції обертових мас, яка сприяє стабілізації частоти в мережі. Зі збільшенням долі відновленої генерації в загальному балансі енергосистеми зменшується її інерційність і виникає загроза стійкості. Крім того з роботою інверторів пов'язано виникнення вищих гармонік струму в мережі.

Для збереження стабільності роботи енергосистеми пропонується створювати гібридні відновлювані електричні станції (ГВЕС) у складі ФЕС, ВГ та гідроакумулюючих станцій (ГАЕС) мегаватного класу. При цьому для видачі потужності та перетворення постійного струму ФЕС та ВГ в змінний пропонується окрім інверторів використовувати синхронний генератор (СГ) ГАЕС. Для цього в схему ГВЕС додається асинхронний двигун (АД), пов'язаний загальним валом з СГ і підключений через частотно-регульований привод (ЧРП) до загальної шини постійного струму станції.

Як показує аналіз реакції такої електромашинної системи ЧРП-АД-СГ на коливання швидкості обертання, притаманна АД крива крутного моменту забезпечує системі здатність компенсувати швидкі коливання частоти в мережі. Застосовані в ГВЕС технічні рішення та обладнання добре відомі і широко використовуються, мають відносно невисоку вартість і надійні в експлуатації. Тим самим вони позбавлені недоліків інших відомих підходів, що базуються на імітуванні обертової інерції генераторів засобами електроніки або використанні потужних електрохімічних акумуляторів.

Аналіз ефективності запропонованої схеми ГВЕС на прикладі типового добового графіка навантаження і генерації показує, що ККД системи ЧРП-АД-СМ є достатньо близьким до ККД системи інвертор-СМ. При використанні сучасних ЧРП перевага інверторного рішення за ККД складає не більше 2,7 %.

У той же час ГВЕС, яка використовує систему ЧРП-АД-СМ для видачі в мережу потужності ФЕС та ВГ, дає значну перевагу при вирішенні проблем, що обмежують допустиму частку ВДЕ в енергосистемі. Наявність гідравлічного акумулювання і значної інерції обертових мас дозволяють і надалі збільшувати частку ВДЕ в енергосистемі без загрози для її стійкості. Очікуване при цьому збільшення частки дешевої енергії відновлюваних джерел дозволить компенсувати більш низький ККД електромашинного перетворювача.

# ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛІНІЙНОГО ПРИСКОРЮВАЧА ЕЛЕКТРОНІВ НА СТУПІНЬ РАДІАЦІЙНОГО ЗШИВАННЯ ПОЛІЕТИЛЕНОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ КАБЕЛІВ БОРТОВИХ СИСТЕМ

Мирчук І.А.

*Приватне акціонерне товариство*

*«Український науково-дослідний інститут кабельної промисловості»,  
м. Бердянськ*

Проводи та кабелі з радіаційно-зшитою ізоляцією виготовляються в багатьох країнах та застосовуються, зокрема, в космічній техніці, електронному та комп'ютерному обладнанні, автомобільних електричних схемах, суднах, тобто, в бортових системах. Кабелі бортових систем повинні мати комплекс характеристик, що забезпечують зберігання необхідних експлуатаційних параметрів мережі у випадку аварій та запобігання їх катастрофічному розвитку і наслідків.

Для характеристики ступеня зшивання поліетилену (ПЕ) використовуються такі параметри як: масова частка нерозподіленої речовини (показник гель-фракції,  $g$ ) і число відрізків ланцюгів між вузлами сітки в одиниці об'єму ( $N_c$ ). Зі збільшенням ступеня зшивання ПЕ відбувається закономірне зростання як показника гель-фракції, так і числа відрізків ланцюгів між вузлами сітки в одиниці об'єму. Для визначення оптимального режиму зшивання опромінення проводять на лінійному прискорювачі електронів при зміні сили струму ( $I$ ) від 10 до 20 мА і швидкості протягання кабелю ( $v$ ) від 20 до 75 м/хв.

Поглинену дозу радіаційного впливу представляють у вигляді відношення  $I/v$ , що дозволяє змінювати як силу струму прискорювача, так і

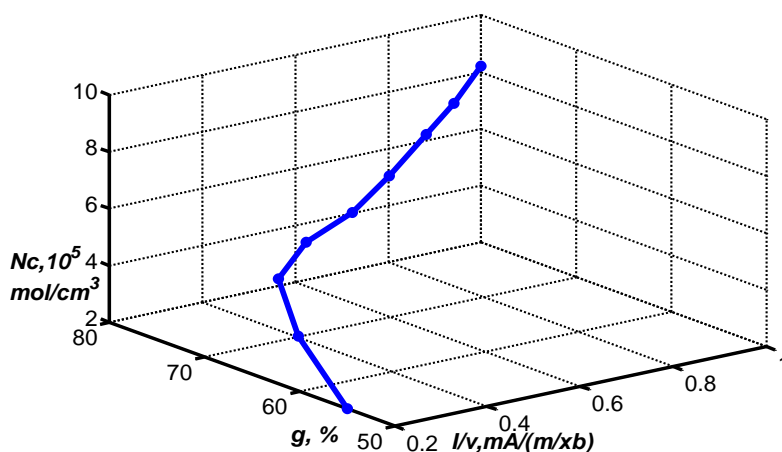


Рисунок – Вплив технологічних параметрів прискорювача електронів на ступінь зшивки поліетиленової ізоляції

швидкість протягання кабелю. З ростом відношення  $I/v$  спостерігається закономірне збільшення вмісту гель-фракції і щільності сітки (рисунок). Зміст гель-фракції найінтенсивніше зростає від 55 до 80% в діапазоні  $I/v = 0,2 - 0,45$  і при подальшому опроміненні практично не змінюється. Тим часом залежність

щільності сітки має лінійний характер у всьому діапазоні зміни показника  $I/v$ . Відповідно залежність вмісту гель-фракції від щільності сітки не лінійна і описується кривої з насиченням.

## **DESIGNING OF A LARGE-SCALE GROUND PHOTOVOLTAIC PLANT IN ESNA, EGYPT**

**Moustafa T. Selim, A.P. Lazurenko, L.I. Lysenko**

*National Technical University  
«Kharkiv Polytechnic Institute»,  
Kharkiv*

Egypt is considered a “sun belt” country with the annual direct solar radiation of up to 3000 kWh/m<sup>2</sup>. The sun shines 9-11 hours a day from the North to the South of the country, with very few cloudy days. However, advantages of this favorable situation are not taken in full. In 2017 the country only had 167 MW of solar generation capacity 116 MW of which was photovoltaic plant. However, in 2015 the Egyptian government adopted the Integrated Sustainable Energy Strategy to 2035 with ambitious goal to reach 42% of the total electricity produced by renewable sources by 2035. In 2035 the renewable capacity should include some 52000 MW of distributed and large-scale generators. The current plan is to increase the share of renewables up to 20% in 2022, with to solar energy providing 2.2%. By 2027, 2800 MW of photovoltaic capacity must be installed.

In the report, designing of a large-scale ground photovoltaic plant is considered. The plant will be located near Esna, a city in the South of Egypt on the Nile (with latitude 24.8543 and longitude 32.613), not far from 86 MW Esna hydro power plant. In the location there are two substations of 11/33 kV and 11/66 kV. The plant site chosen is between Esna suburb and Aswan-Al-axour highway, which is convenient in terms of plant equipment delivery. The plant will be connected to the 11/66 kV substation that is 7 km far from the site.

The available area, the electricity grid in the location, and the climatic conditions in the Esna region concerning solar insolation, wind speed, and maximum temperature have been assessed. The data obtained from the NASA Climatology Resource for the period of five years show that the average maximum temperature is 42°C, the average wind speed is 8 m/s, and the average daily irradiance on horizontal surface is 6.3 kWh/m<sup>2</sup>, which makes the meteorological conditions in the location suitable for setting up a photovoltaic plant. The solar irradiance on a tilted panel has been estimated, with the optimal tilt of 24 degrees providing 2,575 kWh/m<sup>2</sup>.

The arrangement of the PV panels in the location has been calculated, the combiner boxes, inverters, and transformers chosen as function of the electrical parameters of the plant components. The substation switchgear have been selected on the basis of calculations of short currents in several nodes of the electrical grid.

The designed ground 66 MW plant will occupy some 0.94 km<sup>2</sup> and include 220800 300 W panels, 360 combiner boxes, 60 1000 kW inverters, 30 2 MVA 0.4/11 kV transformers, and two 40 MVA 11/66 kV transformers. To select equipment for the 11/66 kV substation, calculations of short currents in six nodes of the electrical grid have made. The annual electricity production of the designed PV plant is assessed to reach 200.4 GWh, which will be enough to meet the needs of some 1180 thousand households.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АСИНХРОНИЗИРОВАННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

**Омельяненко Г.В., Пискурев М.Ф.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Основными показателями качества электрической энергии являются частота, величина и форма кривой напряжения. В настоящее время большая часть электрической энергии генерируется на тепловых, атомных и гидравлических электростанциях. В качестве источников электрической энергии на таких станциях используются асинхронные генераторы. У этих машин частота напряжения жестко связана со скоростью их вращения. Регуляторы скорости и частоты из-за наличия зоны нечувствительности и инерционности действуют с запаздыванием. В результате отклонение частоты напряжения от номинального значения, особенно во время переходного процесса, могут выходить за пределы ГОСТа. Кроме того, при несимметричных режимах в обмотке возбуждения синхронного генератора появляется переменный ток, который наводит в обмотках статора высшие гармоники ЭДС. При этом в переходном процессе будет полный спектр высших гармоник, в установившемся режиме – только нечетные гармоники. Проявление высших гармоник тем интенсивней, чем больше несимметрия ротора в продольной и поперечной осях. Следовательно, этот эффект больше проявляется у неявнополюсных генераторов, которые устанавливаются на гидроэлектростанциях. Наличие высших гармоник ЭДС в обмотках статора приводит к искажению кривой формы напряжения на шинах генераторов и, как следствие, к несинусоидальности напряжения в электрической системе. По мнению авторов, наиболее эффективным способом улучшения рассмотренных показателей качества электроэнергии, является замена на электрических станциях, особенно гидроэлектростанциях, синхронных генераторов на асинхронизированные. Особенностью работы этих машин является то, что независимо от скорости их вращения частота напряжения на их шинах остается постоянной и равной номинальной.

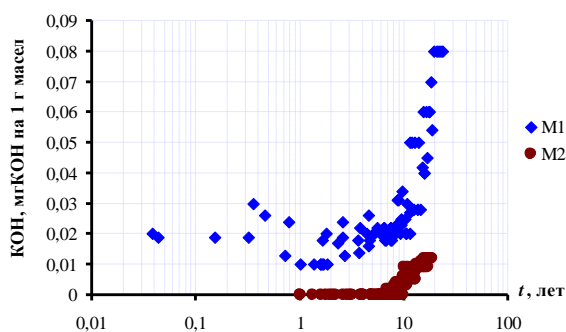
Кроме того, наличие двух обмоток возбуждения в классическом асинхронизированном генераторе, сдвинутых относительно друг друга на  $90^\circ$ , исключает возможность появления высших гармоник ЭДС в обмотках статора. Это объясняется тем, что переменные токи, наведенные в этих обмотках возбуждения при несимметричных режимах, будут сдвинуты относительно друг друга во времени на четверть периода. Их совместное действие создает вращающееся магнитное поле, которое по отношению к вызвавшему его магнитному потоку статора остается неподвижным и направленным встречно. Следовательно, неизменное или пульсирующее с произвольной частотой магнитное поле статора не может создать высших гармоник ЭДС и никакого искажения кривой напряжения на шинах генератора не будет. Исследования, проведенные на математических моделях СГ и асинхронизированного генератора, подтверждают выше изложенное.

## АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СТАРЕНИЯ МАСЕЛ В АВТОТРАНСФОРМАТОРАХ 330 кВ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Пономаренко С.Г.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Одним из путей повышения достоверности принятия решений при диагностике высоковольтного маслонаполненного оборудования, является учет особенностей старения изоляции на длительных интервалах эксплуатации [1-2]. Для исследований, использовались результаты периодического контроля показателей трансформаторных масел в автотрансформаторах 330 кВ из трех областей Украины. Используя модель регрессионного анализа, из общего массива данных были выделены те автотрансформаторы, для показателей которых систематическая составляющая временной зависимости значительно превышала шумовую компоненту. Используя критерий максимума корреляционного отношения, были выделены группы автотрансформаторов с одинаковой скоростью старения масел. Для анализа характера зависимостей показателей качества масел от длительности эксплуатации был использован дисперсионный анализ на отклонения от линейности. Линейность регрессии



проверялась путем сравнения отношения среднего квадрата отклонения от линейности к остаточному среднему квадрату: с  $F$ -распределением с соответствующими степенями свободы. По результатам выполненных исследований установлено, что также как и в трансформаторах 110 кВ, показатели качества масел в автотрансформаторах 330 кВ имеют нелинейную зависимость от

продолжительности эксплуатации, что наглядно иллюстрирует рисунок.

### Литература:

1. Бондаренко В.Е., Щапов П.Ф., Шутенко О.В. Повышение эффективности эксплуатационного измерительного контроля трансформаторных масел. [Монография] – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – 452 с;
2. Бондаренко В.Е., Шутенко О.В. Оптимизация системы информационных показателей качества трансформаторного масла для технического эксплуатационного контроля маслонаполненного энергетического оборудования // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УДАЗТ. – 2003. – №2. – С. 46–50.

## MEASUREMENT OF THE DIELECTRIC LOSS TANGENT IN THE INSULATING MATERIAL

Ponomarenko S.G., Kulyk O.S.

*National Technical University  
«Kharkiv Polytechnic Institute»,  
Kharkiv*

The ability of a dielectric to dissipate energy in an electric field is usually characterized by the angle of dielectric loss, as well as the tangent of the angle of dielectric loss.

At alternating voltage, in insulation, a current flows, which is ahead in phase of the applied voltage by an angle  $\varphi$  (Fig. 1), a small angle  $\delta$  caused by the presence of active resistance. The ratio of the active component of the current  $I_a$  to the capacitive component  $I_c$  is called the dielectric loss tangent and is expressed as a percentage. In an ideal lossless dielectric, the angle is  $\delta=0$  and, accordingly,  $\text{tg}\delta=0$ . Humidification and other insulation defects cause an increase in the active component of the dielectric loss current and  $\text{tg}\delta$ . Since at the same time the active component grows much faster than the capacitive component, the  $\text{tg}\delta$  indicator reflects a change in the state of isolation and loss in it. With a small amount of insulation, it is possible to detect developed local and concentrated defects.

In Ukraine, the value of the dielectric loss tangent ( $\text{tg}\delta$ ) is normalized for a temperature of 363 K, so the measurement should be made at temperatures close to the normalized one. Measurement  $\text{tg}\delta$  is produced by alternating current bridges of types P5026M or P595, which are essentially capacitance meters (Schering bridge). The scheme defines the parameters of the insulation design, corresponding to the equivalent circuit with a series connection of a capacitor without loss  $C$  and a resistor  $R$ , for which  $\text{tg}\delta, \% = 0.01 \pi RC$ . The measurement process consists in balancing the bridge circuit by alternately adjusting the resistance of the resistor and the capacitor.

There are electrostatic and electromagnetic effects of the electric field on the measurements  $\text{tg}\delta$ . Electromagnetic effects are eliminated by complete shielding of devices. Electrostatic effects are reduced by disconnecting the voltage creating the influencing field. This method is most effective, but not always applicable in terms of power supply to consumers.

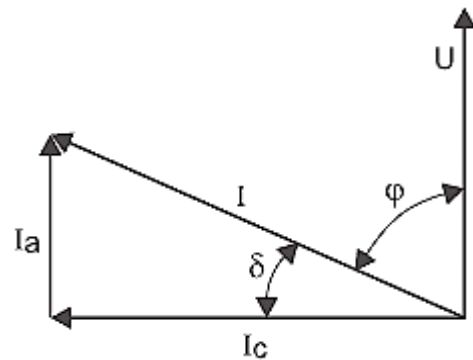


Figure 1. Vector diagram of currents through a dielectric with losses:  $U$  - voltage on the dielectric;  $I$  - is the total current through the dielectric;  $I_a$ ,  $I_c$  are, respectively, the active and capacitive components of the total current;  $\varphi$  - is the phase shift angle between the applied voltage and the total current;  $\delta$  - the angle between the total current and its capacitive component



## ВПЛИВ ТОВЩИНИ СКЛОСЛЮДОПАПЕРОВИХ СТРІЧОК НА ЕЛЕКТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ВИСОКОВОЛЬТНОЇ ТЕРМОРЕАКТИВНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ОБМОТОК СТАТОРА

Рогинський О.В.

*ДП «Електроважмаш», м. Харків*

Турбо- і гідрогенератори мають термореактивну ізоляцію обмоток статора класу нагрівостійкості F, що складається зі стрічкових склослюдопаперових матеріалів (сухих або попередньо просочених). Для слоїстих композиційних матеріалів необхідно забезпечити високі електричні властивості, що дозволяє підвищити стійкість ізоляції до експлуатаційних впливів. Для аналізу впливу товщини склослюдопаперових стрічок на електричні параметри високовольтної термореактивної ізоляції виготовлено по 15 макетів із стрічками різної товщини різних виробників. Макети у вигляді мідних шин розміром  $6 \times 30 \times 800$  мм ізолювані на верстаті з підігрівом стрічки до температури  $50-60$  °C і натягом  $40-60$  Н. Макети, закриті планками по широким гранях, гідростатично опресовані відповідно до технологічного режиму.

Проведено вимірювання тангенсу кута діелектричних втрат та ємності при різних значеннях напруженості електричного поля; електричної міцності ізоляції при ступінчастому підйомі випробувальної напруги зі швидкості  $1$  кВ/6 хвилин; ресурсні випробування для визначення довготривалої електричної міцності ізоляції при напруженості електричного поля  $15$  кВ/мм шляхом неперервної витримки під змінною напругою частоти  $50$  Гц. Результати досліджень доводять вплив товщини склослюдопаперових стрічок на електричні властивості виготовлених макетів (див. рисунок 1). Криві на рис. 1 відповідають товщині стрічки: 1, 2 –  $0,15$  мм; 3, 4, 5, 6 –  $0,18$  мм; 7, 8, 9, 10 –  $0,14$  мм. Встановлено, що довготривала електрична міцність макетів зі стрічками меншої товщини має більш високі значення. Впровадження стрічкових матеріалів меншої товщини у виробництво потребує проведення випробувань на натурних стрижнях обмоток статора турбо- і гідрогенераторів.

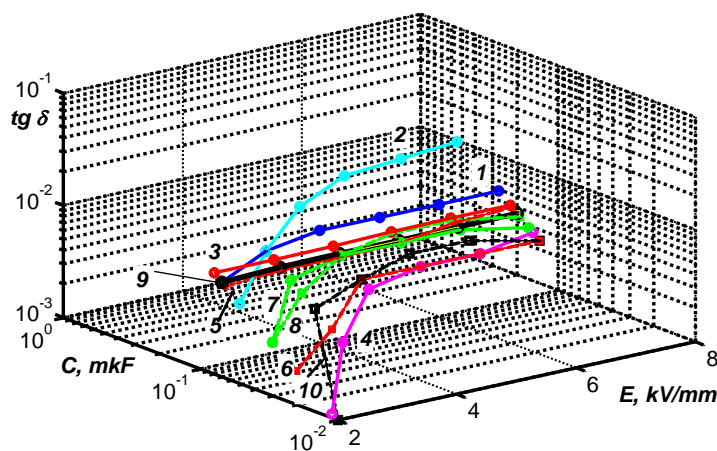


Рисунок 1 – Залежність від напруженості електричного поля тангенсу кута діелектричних втрат та ємності макетів із стрічками різної товщини різних виробників



## **РОЗРОБЛЕННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ АСИНХРОНІЗОВАНОГО ГЕНЕРАТОРА**

**Рудевіч Н.В., Піскурьов М.Ф.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Сучасні комп'ютерні технології, в основі яких лежать прикладні пакети, дають можливість більш глибокого вивчення питань, пов'язаних з процесами в елементах електричних систем, зокрема і асинхронізованих генераторах. Дослідження перехідних процесів, що виникають в асинхронізованому генераторі при підключенні та зміні навантаження, при несиметричних режимах роботи, при коротких замиканнях в обмотках ротора та статора, при зміні швидкості обертання ротора, зручно проводити використовуючи його віртуальну модель в середовищі Matlab.

Спосіб представлення генератора залежить від поставлених задач та від вимог, що висуваються до точності розрахунку. У спрощених розрахунках генератор зазвичай представляють електрорушійною силою та опором. У разі необхідності отримання більш високої точності використовують або математичну модель генератора в фазних координатах або в  $dq$  координатах. В роботі розроблено віртуальну модель асинхронізованого генератора в пакеті Simulink на підставі його математичної моделі в фазних координатах в відносних одиницях при номінальних умовах у вигляді систем рівнянь, що визначають струми, напругу та потокозчеплення в обмотках збудження, струми та потокозчеплення в демпферних обмотках, електрорушійні сили, напругу та струми в обмотках статора, та основного рівняння руху ротора генератора. Математична модель базується на ряді припущень, а саме: магнітна система машини ненасичена, через що індуктивності машини не залежать від сили намагнічування; замість дійсних кривих розподілу сили намагнічування і індукції, в повітряному зазорі по розточуванню статора приймають тільки їх основні, перші гармонійні складові, відповідно чому наведені в статорі електрорушійні сили виражаються синусоїдами основної частоти; в магнітній системі машини відсутні які-небудь втрати; конструктивне виконання машини забезпечує повну симетрію фазних обмоток статора; ротор симетричний щодо своїх подовжньої і поперечної осей: обмотки збудження розташовано в обох осях, демпферна обмотка ротора замінена двома взаємно перпендикулярними короткозамкненими обмотками, розташованими одна в подовжній, а інша в поперечній осях; не враховується гістерезис.

Розрахунок вихідних параметрів віртуальної моделі асинхронізованого генератора може бути здійснений на підставі довідникових даних, використовуючи формули, що дозволяють отримати параметри у відносних одиницях при номінальних умовах, наведених до обмотки статора.

## **ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЗМІШАНОГО НАВАНТАЖЕННЯ З ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ В ЗАДАЧІ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ДЖЕРЕЛ СПОТВОРЕННЯ НА СИМЕТРІЮ НАПРУГИ В ТОЧЦІ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЄДНАННЯ**

<sup>1</sup>Саєнко Ю. Л., <sup>1</sup>Бараненко Т.К.,

<sup>2</sup>Калюжний Д. М., <sup>2</sup>Свергуненко С. В., <sup>2</sup>Дашенкова А. С.

<sup>1</sup>*Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь,*

<sup>2</sup>*Харківський національний університет міського господарства  
ім. О.М. Бекетова, м. Харків*

Ідентифікація джерел спотворень напруги в електричних мережах і оцінка їх впливу на якість електричної енергії в точці загального приєднання є важливими завданнями. Існуючі на сьогоднішній день методи їх вирішення розроблені для таких приєднань як узагальнена електроенергетична система і споживачі електроенергії без джерел активної енергії.

На сьогодні з кожним днем все більше стає споживачів електроенергії, які в своєму складі мають відновлювальні джерела енергії такі, наприклад, як фотовольтаїчні або вітрові установки. Більшість з них генерують електроенергію в електричну мережу тим самим вводячи в традиційну систему електропостачання фактор розподіленої генерацією. С точки зору проблематики, що розглядається, це призводить до появи нового завдання про ідентифікацію джерел спотворення напруги для таких приєднань і оцінки їх впливу на якість електричної енергії. Найбільш складними питаннями для цього випадку є вибір структури схеми заміщення узагальненого навантаження з активними джерелами електроенергії і визначення їх параметрів в рамках стандартної методики вимірювання показників якості електроенергії, яка характеризується елементарним інтервалом вимірювання тривалістю 10 періодів основної частоти.

У ході проведених досліджень визначені схеми заміщення змішаних навантажень з відновлювальними джерелами енергії для вирішення завдання про оцінку впливу лінійних джерел спотворення напруги на якість електричної енергії в точці загального приєднання. У випадку трифазної чотирипровідної мережі еквівалентна схема заміщення змішаного навантаження з відновлювальними джерелами енергії визначається чотирма вузлами і шістьма гілками, що містять як пасивні, так і активні елементи. Для випадку трипровідної мережі еквівалентна схема заміщення визначається трьома вузлами і трьома гілками. Визначення параметрів цих схем заміщення за результатами вимірювання струмів і напруг в точці загального приєднання в загальному випадку виконати неможливо. Для вирішення завдання параметричної ідентифікації змішаного навантаження з відновлювальними джерелами енергії необхідно використовувати матричний метод еквівалентування електричних кіл орієнтований на дані системи SmartGrid.

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

**Слепченко А. С., Собченко О. В., Стреляный И. Ю.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Мировой опыт по применению современных технических средств в электроэнергетической отрасли свидетельствует, что повышение эффективности передачи электрической энергии необходимо рассматривать комплексно. Технологической основой создания электрических сетей нового поколения и модернизации существующих должны стать: компактные линии электропередачи различных классов напряжения с применением СИП и ПЗВ; кабельные линии различных классов напряжения, выполненные кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена; газоизолированные линии; универсальные компактные устройства подстанционного оборудования, выполненные как за счет применения новых видов изоляции и оптимизации изоляционных промежутков, так и путем комбинации отдельных высоковольтных устройств в одном корпусе; экологически и пожаробезопасные полностью герметизированные и автоматизированные ПС для различных классов напряжения подземного исполнения.

Наиболее известным техническим решением является применение комплектно-распределительных устройств с элегазовой изоляцией (КРУЭ), поскольку электрическая прочность элегаза значительно превосходит электрическую прочность воздуха.

Стремление к использованию КРУЭ объясняется следующими их достоинствами: компактностью – площадь, занимаемая КРУЭ, составляет несколько процентов от площади, требуемой для ОРУ, а объем ячейки КРУЭ более чем в 100 раз меньше объема ячейки ОРУ; высокой надежностью и безопасностью в обслуживании; стойкостью к загрязненной окружающей среде; возможностью установки в сейсмически активных и труднодоступных районах; простотой монтажа.

С целью дальнейшего увеличения компактности ОРУ наблюдается тенденция к объединению в одном герметизированном отсеке разных аппаратов, например, выключателя с трансформаторами тока, с разъединителями и заземлителями, так называемых комбинированных выключателей типа PASS (Plug And Switch System – система «присоединяй и включай»).

Для Украины, как страны с развитой инфраструктурой, внедрение современных технических средств в электроэнергетической отрасли, в частности в электрических сетях, позволит повысить эффективность передачи электрической энергии, надежность работы отрасли в целом, снизить негативное влияние электроэнергетических объектов на экологические компоненты окружающей среды, кроме этого, сократить использование земли под электроэнергетические объекты.

## **ВПЛИВ РОБОТИ ПРИСТРОЮ РЕГУЛЮВАННЯ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ НА РІВЕНЬ ВТРАТ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРАХ**

**Собченко О.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У розподільчих мережах 6-35 кВ часто доводиться стикатися з проблемою регулювання напруги в умовах зміни електричних навантажень. Для підтримки напруги на шинах 6 - 35 кВ в подібних умовах використовуються пристрої регулювання під навантаженням (РПН). Однак в процесі розрахунку і оптимізації електричних режимів розподільних мереж за критерієм мінімуму втрат (споживання) активної потужності не враховуються зміни рівня втрат активної потужності в трансформаторі при перемиканні анцапф РПН, що може відбитися на якості результатів оптимізації. У зв'язку з цим, аналіз зміни рівня втрат активної потужності в трансформаторі при перемиканні анцапф РПН є актуальною науково-технічною задачею.

При зменшенні коефіцієнта трансформації (перемикання РПН в «-»), втрати активної потужності збільшуються пропорційно квадрату коефіцієнта завантаження ( $k_3$ ) трансформатора, положенню анцапфи РПН і обернено пропорційно квадрату рівня напруги на вводах трансформатора. При цьому, зі збільшенням  $k_3$  втрати активної потужності збільшуються значніше.

При збільшенні коефіцієнта трансформації (перемикання РПН в «+»), навантажувальні втрати трансформатора залишаються практично незмінними, але збільшуються втрати холостого ходу. Приріст втрат активної потужності більш значний у міру зменшення  $k_3$ .

Діапазон зміни втрат активної потужності в трансформаторі в різних положеннях РПН залежить від коефіцієнта завантаження трансформатора.

Таким чином, зміна втрат активної потужності в силових трансформатора носить неоднозначний характер при роботі РПН на різних відгалуженнях. Характер вимірювання втрат активної потужності визначається коефіцієнтом завантаження, напрямком перемикання відпайок РПН щодо нейтрального положення, співвідношенням втрат холостого ходу і навантажувальних втрат. У зв'язку з цим, необхідно враховувати зміну втрат активної потужності в трансформаторі в процесі перемикання РПН, при виконанні оптимізації рівня напруги за критерієм мінімуму втрат (споживання) активної потужності.

## **ЗАХОДИ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ ПОШКОДЖУВАНOSTІ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ У МІСЬКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ**

**Старков К.О., Хомяков Д.Р.,**  
*Національний технічний університет*  
*«Харківський політехнічний інститут»,*  
*м. Харків*

На погіршення стану ізоляції кабельних ліній (КЛ) серйозно впливають перенапруги, що виникають під час однофазних замикань на землю та призводять до групових пошкоджень КЛ. Перенапруги також сприяють погіршенню стану КЛ з ізоляцією зі зшитого поліетилену, які в разі пошкодження не підлягають ремонту, а потребують повної заміни. Результати досліджень показали, що знизити пошкоджуваність КЛ можливо шляхом відмови від високовольтних випробувань КЛ з ослабленою ізоляцією при їх заміні на методи неруйнівного контролю. Дані методи дозволяють отримати такий же обсяг інформації про стан ізоляції, як і високовольтні випробування. Однак, на відміну від високовольтних випробувань, подібна діагностика не призводить до пошкодження кабелю і необхідності відновлення на ньому пошкоджених ділянок. Корисний ефект від використання методів неруйнівного контролю полягає не тільки в зниженні пошкоджуваності КЛ, економії коштів на ремонти кабелів, а й у можливості визначення пріоритетності заміни ділянок КЛ з погіршеною ізоляцією та в можливості збільшення частки планових відновлювальних ремонтів. Іншою причиною пошкоджуваності КЛ в електричних мережах 6-10 кВ є неефективність компенсації, яка призводить до того, що при пошкодженні однієї з КЛ в електричній системі починається коливальний процес, результатом якого стають додаткові групові пошкодження КЛ. Неефективність систем компенсації пов'язана з наявністю в реактивній потужності таких складових, як реактивна потужність викривлення і реактивна потужність зсуву. Причиною необхідності врахування реактивної потужності викривлення при визначенні компенсації електричної мережі є наявність вищих гармонік, що зміщують нейтраль. Наявність реактивної потужності викривлення обумовлена тим, що ємність електричної мережі залежить від різних фізичних характеристик ізоляції КЛ, від яких залежить діелектрична проникність. Врахування зазначених складових реактивної потужності існуючими засобами контролю величини ємнісного струму замикання на землю, що використовується для регулювання індуктивності реакторів, неможливий. З цієї причини налаштування реакторів здійснюється на повну величину ємнісного струму замикання на землю в мережі з ізолюваною нейтраллю і призводить до перекомпенсації електричної мережі, отже не виключає перехідних процесів при появі однофазних замикань на землю, які й стають причиною пошкодження КЛ.

З цієї причини найбільш ефективним засобом зменшення групових пошкоджень КЛ є використання пристроїв релейного захисту, які працюють на відключення електричних мереж при однофазних замиканнях на землю з мінімальною витримкою часу.

## **ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ПРИСКОРЮВАЧ МАС АБО ГАРМАТА ГАУССА**

**Стріляний І.Ю.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У зв'язку з особливістю конструкції гармати Гаусса має дуже багато недоліків та дуже низький КПД (лише у середньому 5% енергії переходить в кінетичну енергію снаряда). Останнє можна покращити шляхом багатоступінчатого розгону ферромагнетика у стволі, але й у цьому випадку, КПД не перевищить 27%. Саме тому, електромагнітний прискорювач мас має місце здебільшого у аматорських стендах. Але все одно використовується і у наукових дослідженнях ферромагнетиків. Щодо недоліків, то тут все просто, носію такої зброї постійно потрібно буде носити з собою акумуляторну батарею, або постійно деінде заряджати конденсатори. Дуже великі втрати енергії через низький КПД, що приводить до дуже великих габаритів при такому низькому КПД. Саме тому, як у зброї у гармати Гаусса немає перспектив, але якщо будуть створені компактні і потужні джерела електричного струму і високотемпературні надпровідники (200-300K) ситуація зміниться.

Проте у стаціонарному режимі електромагнітний прискорювач мас має дуже великі перспективи. На землі ми можемо мати біля установки дуже великі джерела енергії. Вже існує багато технологій та патентів відносно реалізації цієї теми. Наприклад потяги, або запуск легких супутників у космос. Також установки працюючі на принципі гармати Гаусса, можуть використовуватись у відкритому космосі, адже це вакуум і майже всі недоліки даної установки нівелюються. Так у військових програмах США та СРСР були ідеї щодо використання гармат Гаусса на орбітальних супутниках для враження космічних об'єктів.

Гармата Гаусса надзвичайно перспективний та корисний винахід, але не за сучасних реалій. Для повної її реалізації потрібні нові технології та багато вдосконалень.

## ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНІЧНОГО ВУГЛЕЦЮ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ КОРОЗІЇ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАЗЕМЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

Федосєєнко О.М., Щербак О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Для можливого подальшого впровадження в практику проектування технічного рішення у вигляді об'ємного штучного заземлювача в локальному об'ємі дрібнодисперсного технічного вуглецю, а також з метою оцінки корозійної стійкості були проведені дослідні випробування. В ході досліджень з метою визначення впливу технічного вуглецю на інтенсивність корозії сталевих елементів заземлюючих пристроїв (ЗП), а також зміни швидкості корозії сталевих електродів ЗП, розміщених в середовищі технічного вуглецю, при нанесенні на них струмопровідної антикорозійної плівки, були проведені роботи по встановленню експериментальних горизонтальних елементів ЗП (дослідних зразків) на підстанції «Барабашова – 110 кВ» АК «Харківобленерго».

Таблиця 1 – Опис дослідних зразків

Зразок	Поверхня	Геометричні параметри			Маса, т, гр		Втрата маси, гр
		L, мм	a, мм	b, мм	до початку випробування	після випробування	
№1	блискуча	298	4,2	39,8	372,45	354,735	17,715
№2	блискуча	298	4,2	39,8	377,20	375,48	1,72

Зразки елементів ЗП розміщувалися в верхньому шарі ґрунту (глибина 0,15-0,2 м) на підстанції поблизу portalу №3 і приєднувалися до діючого ЗП за допомогою провідника з болтовим з'єднанням. Перший зразок був встановлений в локальному об'ємі дрібнодисперсного технічного вуглецю; другий зразок – в ґрунті. За час випробувань (1540 год) втрата маси зразка №1, що знаходився в шарі дрібнодисперсного технічного вуглецю, склала  $\Delta m = 372,450 - 354,735 = 17,715$  гр, втрата маси зразка №1, що знаходився в ґрунті –  $\Delta m = 377,200 - 375,480 = 1,72$  гр. Таким чином, швидкість корозії сталевих електродів ЗП в середовищі дрібнодисперсного технічного вуглецю більше, ніж розміщеного в ґрунті. За умовами корозії штучних електродів заземлення рекомендовано два варіанти їх виконання в локальному об'ємі дрібнодисперсного технічного вуглецю. Відповідно до першого – приймається їх мінімально припустимий переріз. Такий же підхід може бути використаний і при виконанні вертикальних електродів заземлення в обмеженому об'ємі технічного вуглецю – вибір перетину електрода з урахуванням реальної швидкості корозії. Інший підхід – не збільшуючи їх перетину для підвищення корозійної стійкості сформувати на поверхні струмопровідну антикорозійну плівку.



## СПОСІБ АВТОНОМНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ОСНОВІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Цюпа В.М., Потривай А.Е. Данильченко Д.О. Довгалюк О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Нами було встановлено, що альтернативна енергетика має великий потенціал в вирішенні проблеми енергозабезпечення, за допомогою створення децентралізованих енергетичних одиниць. В залежності від енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), економічних показників та вимог надійності, обирається варіант генеруючого комплексу установок. Нами була обрана гібридна система електропостачання зі спільною вітровою, сонячною та дизельною генерацією.

Спільне використання гарантованого джерела енергії ДЕС та нестабільного відновлюваного дає можливість побудувати енергокомплекси з досить непоганими техніко-економічними показниками. В даній моделі основою електричної мережі обрано дизельну електростанцію яка працює спільно з установками вітрової та сонячної генерації, тобто головним джерелом електроенергії виступає ДЕС, а ДВЕ використовуються для значної економії палива.

Важливим моментом є дотримання умов стійкості енергетичної системи. Вони визначаються відношенням мережевих інверторів фотоелектричних та вітрових станцій та потужності ДЕС. Так для дотримання вимог миттєва потужність ВДЕ комплексу не повинна перевищувати 45% потужності ДЕС, а співвідношення середнього значення їх потужності приблизно повинно складати 1/5.



Рис 1. Гібридний енергетичний комплекс на основі ДЕС

Запропонований комплекс є дуже простим, але потребує складних схем управління, які забезпечать ефективну роботу з найвищим ККД, що робить його надійним та дешевим. Це є беззаперечним плюсом запропонованого комплексу.

Ці енергетичні комплекси добре покажуть себе в децентралізованих районах і є фундаментом для вдосконалення технологій автономізації енергоспоживачів.

## АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ КРИТЕРІАЛЬНИМ МЕТОДОМ

**Черкашина В.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Під час аналізу техніко-економічних моделей повітряних ліній (ПЛ) критеріальним методом визначаються економічно доцільні значення параметрів оптимізації [1]:

$$x_{j0} = x(R_a, A_i); \quad (1)$$

$$y_{j0} = e(R_a, A_i), \quad (2)$$

де  $A_i$  - узагальнені константи, що несуть певну початкову інформацію;  $R_a$  - критерії подібності, які залежать від початкової інформації.

Початкова інформація в (1) і (2) у вигляді узагальнених констант  $A_i$ , змінюється в часі. Враховуючи це, вирази (1) і (2) матимуть вигляд:

$$x_{j0}(t) = \prod_{i=1}^{n+1} [A_i(t) / \pi_i(R_a)]^{\frac{\Delta_{ij}}{\Delta}}; \quad (3)$$

$$y(x_0, t) = \prod_{i=1}^{n+1} [A_i(t) / \pi_i(R_a)]^{\frac{\Delta_i}{\Delta}}. \quad (4)$$

Для аналізу чутливості значення параметрів оптимізації функції  $x$  до зміни даних  $A_i$  допустимо виразити відносні їх значення через відносні значення коефіцієнтів  $A_i$  [2]:

$$x_{j0}^*(t) = \prod_{i=1}^{n+1} \left[ \frac{A_i(t)}{\pi_i(R_a)} \right]_*^{\frac{\Delta_{ij}}{\Delta}}; \quad (5)$$

$$y(x_0^*, t) = \prod_{i=1}^{n+1} \left[ \frac{A_i(t)}{\pi_i(R_a)} \right]_*^{\frac{\Delta_i}{\Delta}}, \quad (6)$$

$$\text{де } A_i^*(t) = \frac{A_i(t)}{A_{i\delta}(t)}; \quad \pi_i^*(R_a) = \pi_i(R_a) / \pi_{i\delta}(R_a)$$

**Таким чином**, під час аналізу техніко-економічних моделей ПЛ критеріальним методом вагоме значення має величина відхилення від точки умовного мінімуму, що визначає область допустимих змін параметрів, які оптимізуються, і в межах якого варіанти ПЛ, що досліджується, будуть економічно однозначні, а об'єкт економічно стійкий до зміни цих параметрів.

### Література:

1. Черемисин Н.М., Черкашина В.В. Критериальный метод анализа технико-экономических задач в электрических сетях и системах. Учебное пособие. – Харьков: Факт, 2014. – 88 с.
2. Лежнюк П.Д. Анализ чувствительности оптимальных решений в сложных системах критеріальним методом. Монографія. – Вінниця: Універсум-Вінниця, 2003. – 131 с.

## РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ СИМВОЛОВ МЕТОДОМ МИНИМАЛЬНОГО РАССТОЯНИЯ ДО ЭТАЛОНА

Швец С.И.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Преобразование лингвистической, акустической, графической и цветовой информации в цифровую, является актуальной и практически значимой задачей. В работе предложено для распознавания лингвистических символов использовать метод минимального расстояния до эталона. Суть метода состоит в том, что предъявленный к распознаванию символ, оцифровывается и масштабируется относительно декартовой системы координат (см рис. 1). После чего определяются координаты наиболее характерных точек.

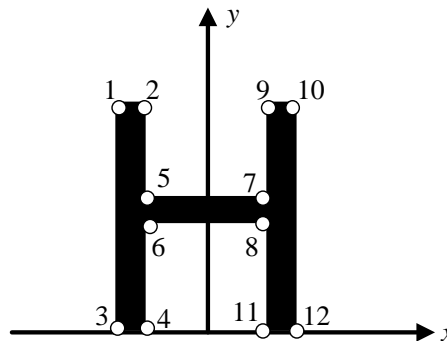


Рисунок – Представление лингвистического символа в декартовой системе координат.

Далее определяется диагностическое расстояние между характерными точками предъявленного к распознаванию символа и характерными точками эталонного символа:

$$L_i = \sum_{j=1}^N \sqrt{(x_j - x_j^*)^2 + (y_j - y_j^*)^2}, \quad (1)$$

где:  $x_j, y_j$  – значение координат характерных точек предъявленного к распознаванию символа,  $x_j^*, y_j^*$  – значение координат характерных точек эталонного символа;  $N$  – количество характерных точек.

Предъявленный к распознаванию символ, относится к эталонному если мера расстояния  $L_i$  между ними минимальна :

$$\text{если } L_i = \min, \text{ то } \mathbf{x} \in D_i \quad (2)$$

### Литература:

1. Бондаренко В. Е, Шутенко О.В., Баклай Д.Н. Математические основы технической диагностики объектов электрических сетей: учеб. пособ. в двух частях, часть 1. – Х.: НТУ «ХПИ», 2017. – 256 с.

## **ПРОБЛЕМИ ВИБОРУ ЕКОНОМІЧНО ОБГРУНТОВАНИХ ПЕРЕРІЗІВ ПРОВОДІВ ЗА МЕТОДОМ ЕКОНОМІЧНОЇ ЩІЛЬНОСТІ СТРУМУ В СУЧАСНИХ УМОВАХ**

**Шевченко С.Ю., Берчук О.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Лінії електропередачі (ЛЕП) є одним з основних елементів електроенергетичних систем. Вони забезпечують транспортування електроенергії від джерела до споживача. З кожним роком вимоги до ЛЕП зростають в частині надійності, збільшення пропускної здатності, а також зниження втрат електроенергії. Найважливішим параметром лінії електропередачі є перетин проводів. З їх збільшенням зростають витрати на спорудження лінії, але знижуються експлуатаційні витрати, зменшуються втрати електроенергії. Вибір економічно обґрунтованих перетинів проводів ліній електропередачі дозволяє знизити витрати на транспортування електроенергії і вартість нових ПЛ при проектуванні.

На теперішній момент, при проектуванні ЛЕП, продовжують використовувати методи економічної щільності струму (ЕЩТ), економічних струмових інтервалів (ЕСІ), та метод універсальних номограм для вибору перетинів повітряних ліній (ПЛ). З моменту появи даних методів відбулися значні зміни у визначенні наведених народногосподарських витрат на спорудження повітряних ліній, основні з яких наступні: питомі інвестиції в спорудження ПЛ; норми амортизаційних відрахувань на реконструкцію; норми відрахувань на ремонт і обслуговування; вартість втрат електроенергії,  $C_e$  (ставка на оплату втрат електроенергії, грн. / МВт·рік).

Очевидно, що в даний час приведені нормативи ЕЩТ застаріли. У зв'язку з цим виникла необхідність провести аналіз актуальності використання вказаних методів при проектуванні. Метою дослідження є визначення доцільності застосування і подальшого розвитку методів економічної щільності струму і економічних струмових інтервалів в сучасних умовах. Відповідно до поставленої мети необхідно було вирішити наступне завдання: оцінка доцільності та необхідності вдосконалення методу економічної щільності струму. Вочевидь, що метод економічної щільності струму не задовольняє сучасним умовам. Однак невизначеність більшості технічних і економічних показників, що впливають на економічно обґрунтоване значення перерізу провідників, постійна зміна вартості кабельно-провідникової продукції та будівництва ЛЕП, ціни на електроенергію не дозволяють розрахувати ЕЩС так, щоб вони були актуальними протягом тривалого періоду. Періодично ці значення повинні оновлюватися відповідно до зміни вихідних даних умов. Але це не єдиний недолік методу визначення ЕЩС. Нормування струму на одиницю площі перерізу провідника без урахування конструктивного виконання ЛЕП, класу напруги ЛЕП та інших умов не завжди коректно. При розрахунку капітальних вкладень у спорудження ЛЕП їх, як правило, модулюють лінійною функцією, яка сильно залежить від перетину проводів.

## СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ІЗОЛЯЦІЇ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

<sup>1</sup>Шевченко С.Ю., <sup>1</sup>Данильченко Д.О., <sup>2</sup>Борзенков І.І.

<sup>1</sup>*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут», м. Харків,*

<sup>2</sup>*Сумський державний університет, м. Суми*

При визначенні втрат на об'єктах енергосистем, як правило складають баланси електроенергії. Баланс електроенергії враховує те, що кількість електроенергії, яка надійшла на об'єкт завжди повинна дорівнювати сумі електроенергії, яка вийшла з цього об'єкту та була витрачена в середині нього. Але існують так звані небаланси енергосистеми, як слідство - похибки при фіксації приладами складових балансу, а також наявність витрат, які не фіксуються приладами - технологічні, та комерційні втрати.

Відповідно до методичних рекомендацій, втрати електроенергії в ізоляції повітряних ліній електропередачі (ПЛ) з урахуванням ступеня забруднення атмосфери можна визначити за наступною формулою:

$$\Delta W_{iz}^{(P)} = \frac{U_{ном}^2}{3 \cdot R_{iz} \cdot N_{iz}} \cdot T_{вол} \cdot N_{гip} \quad (1)$$

де  $U_{ном}$  – номінальна напруга ПЛ, кВ;  $N_{iz}$  – кількість ізоляторів у фазі ПЛ;  $N_{гip}$  – кількість гірлянд ізоляторів, яку приймають згідно з проектом ПЛ;  $T_{вол}$  – тривалість у розрахунковому періоді вологої погоди (туман, роса, дощ, мокрий сніг, паморозь), годин;  $R_{iz}$  – електричний опір одного ізолятора, кОм.

Але, як відомо, та відповідно до методичних рекомендацій допускається, що значення опору ізолятора в період зволоження залишається не змінним, та залежить тільки від номера рівня СЗА. Таке припущення не може бути визнано обґрунтованим, так як воно не відображає електрофізичні процеси при зволоженні забрудненої ізоляції, і як слідство не дає повноти у визначенні втрат енергії за (1).

Як відомо при змінній напрузі в ізоляції протікає струм, що випереджає по фазі прикладену напругу на кут  $\varphi$ . Але цей кут менший ніж 90 градусів, та відрізняється на невеликий кут  $\delta$ , який обумовлений наявністю активного опору.

Для визначення ємності ізолятора  $C$  та тангенса кута діелектричних втрат  $\tan \delta$  нами запропоновано провести експеримент з використанням вимірювального приладу на основі принципу моста «Шерінга».

З використанням такого підходу для вирішення задачі, можна більш детально дослідити струми витоку по поверхні ізолятора в залежності від ступеня забруднення та погодних умов. Як видно з втрати енергії, що розсіюється в діелектрику, пропорційні тангенсу кута діелектричних втрат  $\tan \delta$ , частоті прикладеної напруги та ємності ізолятора.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЕНСИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА НА СОБСТВЕННЫХ НУЖДАХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭНЕРГОЭФЕКТИВНОСТИ**

**Шевченко С.Ю., Данильченко Д.А. Слепченко А.С.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В последнее время, в связи с затрудненной экономической ситуации в стране, вопрос повышения энергоэффективности энергообъектов, есть не просто востребованной, но и возможно ключевой в энергоэлектрической сфере. В мире существует много вариантов, для увеличения энергоэффективности различных энергообъектов, но возможно одним из важнейших объектов энергосистемы является электрической станции, и ниже будет представленный способ увеличения энергоэффективности электростанции. Из перечня всех возможных мероприятий, которые увеличивают энергоэффективность, наиболее выгодным и потенциально применимым в широком смысле, является установка компенсирующего устройства. Для увеличения энергоэффективности предлагается устанавливать компенсирующие устройства, на схеме собственных нужд электрической станции. Это снизит потребления реактивной мощности на собственные нужды электростанции, что ведет за собой снижения производства реактивной энергии, и свободный ресурс можно использовать для увеличения производства активной энергии или уменьшения потребления условного топлива. Что безусловно является преимуществом для электростанции, это влечет за собой увеличения дохода от продажи, активной энергии или уменьшения расхода топлива, что ведет к уменьшению затрат. Увеличения финансовых потоков можно использовать для модернизации или обновления оборудования на электрической станции. Так же компенсация реактивной мощности уменьшает потери в кабельных линиях и на прочих элементах электрической сети, что влечет за собой продолжительность работы всех элементов, что тоже является без преувеличения плюсом для электрической станции. Единственным существенным недостатком, является то что установка компенсирующего устройства, на собственных нуждах станции, требует вложения денежных ресурсов, что может вызвать затруднения в нынешних реалиях. Но после расчетов, становится видно, что окупаемость установки компенсирующих устройств на собственных нуждах, есть крайне малой, то есть окупаемость данного мероприятия произойдет за очень малый период, что является очень перспективным, учитывая реалии сегодняшнего энергорынка. Поэтому установка компенсирующих устройств на собственных нуждах электростанции, является наиболее перспективной и экономически выгодным мероприятием по увеличении энергоэффективности электрической станции. Следовательно данное мероприятия необходимо внедрять на каждой электрической станции, для увеличения энергоэффективности, в таком случае и увеличивается энергоэффективность электрической системы в целом, что положительно сказывается не только на производстве электрической энергии, но и в целом экономике страны.

## **ІМПУЛЬСНА МІЦНІСТЬ ІЗОЛЯЦІЙНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПОВІТРЯНОЇ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ З ЗАХИЩЕНИМИ ПРОВОДАМИ**

**Шевченко С.Ю., Дривецький С.І., Данильченко Д.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У розподільчих мережах через низьку міцність ізоляція схильна до перекриття як від перенапруг при прямих ударах блискавки, так і від індуктованих перенапруг, які наводяться при розряді блискавки поблизу лінії. Надійність електропостачання споживачів залежить від ефективності грозозахисних заходів, вибраних відповідно до діючих національних нормативів.

Установлення грозозахисних тросів – це традиційний спосіб зниження числа грозових вимкнень ПЛ високої напруги. Грозозахисний трос застосовують в основному на ЛЕП 110 кВ і вище.

Ефективність тросозахисту безпосередньо залежить від рівня ізоляції ПЛ і величини опору заземлення опори. На розподільних ПЛ через порівняно низький рівень їх ізоляції встановлення тросозахисту для мінімізації наслідків прямих ударів блискавки недоцільно. Особливістю проблеми грозозахисту ПЛЗ є те, що в разі відсутності спеціальних заходів захисту при грозовому перекритті ізолятора лінії, супроводжуваному пробоем твердої ізоляції проводу, утворювана дуга промислової частоти не має можливості переміщатися по проводу і горить в місці пробоем ізоляції до моменту відключення лінії. Це призводить до випалу ізоляції проводу, ізолятора лінії, а в разі великих струмів КЗ – до перегорання проводів. Тому заходи щодо запобігання перепалу проводу стають головною умовою, що визначає необхідність обов'язкового застосування тих чи інших грозозахисних заходів.

Метою нашого дослідження було знаходження 50%-ої перенапруги, що виникала при пробіє системи «провід-ізолятор». Використовуючи метод «вгору-вниз», який передбачає прикладання до об'єкта однакових за формою і різних для кожного з наступних дослідів, за значенням напруг в залежності від результату попереднього прикладу. Якщо при прикладанні даної напруги на об'єкті випробування стався повний розряд, то значення напруги при подальшому досліді зменшують, якщо ж повного розряду не було, то значення напруги збільшують. В ході проведення експерименту було виконано 30 дослідів на системі «провід-ізолятор». Далі ми знайшли значення 50%-ої розрядної перенапруги системи «провід – ізолятор», яке дорівнювало 235 кВ. Потім ми визначили величину, 50%-ої розрядної перенапруги окремо нашого досліджуємого проводу. Знаючи імпульсну перенапругу (100 кВ), що витримує ізолятор ШФ-10Г, який ми обрали для дослідження, можна вирахувати напругу витримувану нашим проводом СП-3 1\*50-20, яка дорівнює 135 кВ.

## **МЕТЕОРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПОТРЕБ ЕНЕРГОРОЗПОДІЛЬНОГО СЕГМЕНТУ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ.**

**Шевченко С.Ю., Хломко С.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Небезпечні та стихійні метеорологічні явища впливають на роботу галузей економіки таких як: сільське та лісове господарство, енергетика, наземний, морський і авіаційний транспорт, системи зв'язку та оборони, житлово-комунальне господарство, будівництво та інші. Небезпечні та стихійні метеорологічні явища (далі НЯ та СМЯ) – це різні явища природи, які по своїй інтенсивності та тривалості зумовлюють раптове порушення нормальної життєдіяльності населення, руйнування і знищення матеріальних цінностей, наносять значні збитки різним галузям економіки і створюють загрозу для безпеки людей. Метеорологічне явище оцінюється як небезпечне тоді, коли воно досягає певних критичних значень. В Україні такими можуть бути близько 20 явищ погоди, за якими Українська гідрометеорологічна служба проводить регулярні спостереження, прогнозування і попередження населення. Це – сильні вітри, шквали, смерчі, зливи, град, гроза, сильні та тривалі дощі, снігопади, сильні хуртовини та пилові бурі, налипання мокрого снігу, складні відкладення, ожеледь, туман, сильна спека, сильний мороз, зниження температури. Найбільша кількість збитків спостерігається при одночасному настанні різних небезпечних явищ, при такому поєднанні більш ніж в 2/3 випадків фіксуються збитки та втрати. Природа виникнення стихійних явищ або конвекція – перенесення та змішування теплих та холодних повітряних мас:

- поєднання сильного вітру (шквалу), зливи, граду;
- поєднання сильного вітру (шквалу) та ожеледиці (у тому числі різького пониження температури при високій вологості повітря);
- окремо або в поєднанні з іншими НЯ - грозова активність поблизу об'єктів енергетичної системи.

В останні десятиріччя на нашій планеті спостерігається стійка тенденція до зростання кількості та інтенсивності НЯ та СГЯ. Так, за даними Centre for Research on the Epidemiology of Disasters протягом останніх десятиріч їх кількість збільшилась більш ніж у 4 рази з 1,5 тис у 70-ті роки ХХ століття до 6 тисяч у 90-і. За останнє десятиріччя в світі було зареєстровано рекордно велику кількість стихійних катастроф від яких потерпіло біля 2,7 млрд. чоловік, тобто більше третини населення планети.

Тому використання систем метеорологічного забезпечення на базі гео інформаційних технологій дозволить перевести з пасивного надання інформації щодо прогнозів з настання небезпечних стихійних явищ до рівня «хірургічного» інструментарію – як елементу активно адаптивної системи керування режимами роботи електроенергетичної системи (розподільчої частини) з механізмом гнучкого реагування на упередження та зниження втрат при настанні стихійних природних явищ непереборної сили, як на окремих ділянках так і для загальнонаціональної системи енергоживлення в цілому.



**РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДВОСТУПЕНЕВОГО НАДДУВУ З  
ПРОМІЖНИМ ОХОЛОДЖЕННЯМ НАДДУВНОГО ПОВІТРЯ ТА  
СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ТУРБІНИ І КОМПРЕСОРА ДЛЯ  
ДВОТАКТНОГО ДИЗЕЛЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

**Шелестов М. С., Бекарюк О. М., Кравченко С. С. Прохоренко А.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В роботі розглянуто питання збільшення агрегатної потужності до 1100 кВт та покращення експлуатаційних характеристик двотактного двигуна спеціального призначення типу 6ДН12/2х12.

Результати розрахунку витрати повітря двигуна 6ДН12/2х12 свідчать, що при форсуванні двотактного дизеля до 1100 кВт та забезпеченні якісного складу паливо-повітряної суміші (на рівні двигуна прототипу) необхідно забезпечити витрату повітря до 2 кг/с та збільшити тиск наддуву до 0,4-0,5 МПа. Такі параметри неможливо забезпечити базовою системою наддуву дослідного двигуна.

В роботі запропоновано двоступеневу систему наддуву двотактного дизеля 6ДН12/2х12, яка дозволяє забезпечити необхідну витрату повітря, підвищити ефективну потужність дизеля та покращити його експлуатаційні характеристики. Принципова схема повітропостачання включає вільний турбокомпресор низького тиску (КНТ), привідний компресор високого тиску (КВТ), що з'єднані послідовно, охолоджувачі наддувного повітря, а також виконавчі механізми регулювання тиску наддуву. Регулювання системи здійснюється шляхом зміни передаточного відношення приводу КВТ, керуванням прохідного перетину соплового апарата турбіни турбокомпресору, перепуском частини повітря на КВТ при роботі на максимальній потужності.

При низьких обертах колінчастого валу повітря стискається в малому приводному компресорі, а через великий компресор повітря проходить без істотного стиснення. Зі збільшенням частоти обертання повітря попередньо стискається в великому компресорі і дотискається в малому. Спільна робота двох турбокомпресорів дозволяє здійснити плавний перехід з низьких частот в область високих. При частотах обертання більш  $1800 \text{ хв}^{-1}$  потік повітря перепускається повз малого турбокомпресора, оскільки в цьому випадку швидкість повітря на вході в компресор перевищує швидкість звуку. У цій області повітря стискається тільки в КНТ. На режимах високих частот обертання спрацьовує клапан перепуску відпрацьованих газів повз турбіни, через який проходить частина відпрацьованих газів.

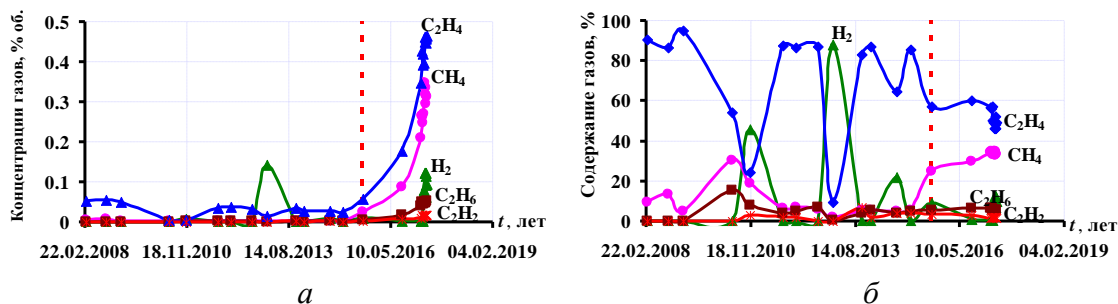
Важливим аспектом розробки системи є точне регулювання наддуву повітря та застосування компресорів зі зменшеним діаметром робочого колеса, що призводить до зменшення моменту інерції ротору і, як наслідок, скорочується тривалість розгону турбокомпресору при різкому збільшенні навантаження, підвищується приємістість двигуна, покращуються умови його роботи на перехідних процесах.

## АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ГАЗОВ В МАСЛОНАПОЛНЕННОМ ОБОРУДОВАНИИ С РАЗВИВАЮЩИМИСЯ ДЕФЕКТАМИ

Шутенко О.В.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Для раннего обнаружения развивающихся дефектов высоковольтного маслонаполненного оборудования по результатам анализа растворенных в масле газов, предлагается использовать не только граничные значения концентраций, как в большинстве известных методиках и стандартах, но и характер изменения газосодержания оборудования во времени. Известно [1, 2] что развитие дефектов в маслонаполненном оборудовании негерметичной конструкции сопровождается появлением значимой систематической составляющей в зависимостях концентраций газов от продолжительности эксплуатации (см. рис. 1 а), чего не наблюдается для исправных трансформаторов. Более того результаты приведенные в [3] показывают, что при развитии дефекта, несмотря на рост концентраций газов процентное содержание газов практически не изменяется (см. рис. 1 б).



а – значения концентраций газов; б – процентное содержание газов;

Рисунок 1 – Динамика изменения содержания газов в масле трансформатора ТРДН-25000/110 в процессе развития термического дефекта с температурой выше 700 °С.

Поскольку выявленные изменения в характере зависимостей концентраций газов и процентного содержания газов имеют место до того как значения концентраций превысят граничные значения, то приведенные особенности можно использовать для раннего обнаружения дефектов.

### Литература:

1. Шутенко О. В. Метод обнаружения развивающихся дефектов высоковольтных трансформаторов по результатам хроматографического анализа растворенных в масле газов // Электрические сети и системы – 2010. – №. 3. – С. 38-45
2. Shutenko Oleg. Method for Detection of Developing Defects in High-Voltage Power Transformers by Results of the Analysis of Dissolved Oil Gases // Acta Electrotechnica et Informatica. – 2018. – Vol. 18. – №. 1. – pp 11– 8; DOI: 10.15546/aei-2018-0002.
3. Shutenko Oleg. Faults diagnostics of high-voltage equipment based on the analysis of the dynamics of changing of the content of gases // Energetika– 2018. – Vol. 64. – №. 1 – pp 11-22. DOI: <https://doi.org/10.6001/energetika.v64i1.3724>

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ГАЗОВ В ИСПРАВНОМ ОБОРУДОВАНИИ С РАЗНЫМ ТИПОМ ЗАЩИТЫ МАСЛА

Шутенко О.В.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Выполнен анализ распределения результатов АРГ по критерию газа с максимальным содержанием для 426 трансформаторов напряжением 110-330 кВ негерметичной конструкции и для 16 автотрансформаторов напряжением 330 кВ герметичной конструкции. Результаты анализа приведены в таблице. Как видно из таблицы для негерметичных трансформаторов, характерно более высокое количество проб в которых концентрации газов не превышают предела обнаружения газов хроматографом. Данное обстоятельство как и низкое содержание  $H_2$  в негерметичных трансформаторах обусловлено диффузией газов в атмосферу. Кроме того как видно из таблицы в 50% проб негерметичных трансформаторов газом с максимальным содержанием является  $C_2H_4$ , а в герметичном оборудовании только в 9% всех проб. Также в негерметичных трансформаторах наблюдается более высокое содержание  $C_2H_2$  по сравнению с герметичными, в которых  $C_2H_2$  практически отсутствует.

Таблица – Распределения результатов АРГ для негерметичных трансформаторов и герметичных автотрансформаторов, по критерию газа с максимальным содержанием

Газ с максимальным содержанием	Негерметичные трансформаторы		Герметичные трансформаторы	
	Измерений	%	Измерений	%
Ниже предела обнаружения	942	13,471	6	1,147
$H_2$	239	3,418	36	6,883
$CH_4$	1514	21,650	421	80,497
$C_2H_6$	381	5,448	12	2,294
$C_2H_4$	3545	50,694	48	9,178
$C_2H_2$	372	5,320	0	0,000
<b>Итого</b>	<b>6993</b>	<b>100</b>	<b>523</b>	<b>100</b>

Таким образом содержание газов в герметичном и негерметичном оборудовании существенно отличается что совпадает с результатами в [1, 2], и требует учета при определении граничных значений концентраций газов [3].

### Литература:

1. Абрамов В.Б., Боярчуков Г.М., Яблонский Р.В. Отличительные особенности газообразования в трансформаторном масле герметичного и негерметичного высоковольтного оборудования. // Новини енергетики. – 2009. – № 9. – С. 17–32.
2. Шутенко О.В. Анализ особенностей газосодержания масел в бездефектных трансформаторах негерметичного исполнения // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Серія: Техніка та електрофізика високих напруг – Харків: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 38 (1260). – С. 84–97;
3. Шутенко О.В. Определение граничных значений концентраций газов с учетом типа защиты масла высоковольтных трансформаторов // Електротехніка та електроенергетика. – Запоріжжя – 2018 – №4. – С. 30–42. DOI 10.15588/1607-6761-2018-4-3

# УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ЗАГРУЗКИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВВОДОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИЗОЛЯЦИИ

Шутенко О.В., Загайнова А.А.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Предложен метод определения предельно допустимых значений (ПДЗ) тангенса угла диэлектрических потерь изоляции высоковольтных вводов, которые обеспечивают минимальное значение среднего риска. Как показано в [1] в нормально работающих исправных вводах как герметичной так и негерметичной конструкции значения тангенса угла диэлектрических потерь значимо рознятся в зависимости от тока загрузки вводов. В [2] установлено, что значения тангенсов угла диэлектрических потерь как исправных так и дефектных вводов могут быть описаны распределением Вейбулла. При этом имеет место смещение математических ожиданий функций плотности распределения значений тангенса угла диэлектрических потерь в зависимости от тока от загрузки вводов. Для определения ПДЗ тангенса угла диэлектрических потерь основной изоляции вводов в [3] предложено минимизировать функцию среднего риска:

$$R = C_{21}P_1 \int_{\text{tg}\delta_{\text{гр}}}^{\infty} \frac{\beta_1}{\alpha_1^{\beta_1}} \cdot \text{tg}\delta^{\beta_1-1} \cdot e^{-\left(\frac{\text{tg}\delta}{\alpha_1}\right)^{\beta_1}} d\text{tg}\delta + C_{12}P_2 \int_{-\infty}^{\text{tg}\delta_{\text{гр}}} \frac{\beta_2}{\alpha_2^{\beta_2}} \cdot \text{tg}\delta^{\beta_2-1} \cdot e^{-\left(\frac{\text{tg}\delta}{\alpha_2}\right)^{\beta_2}} d\text{tg}\delta, \quad (1)$$

где  $\alpha_1, \beta_1$  – значения параметров масштаба и формы для распределения значений  $\text{tg}\delta$  в исправных вводах;  $\alpha_2, \beta_2$  – значения параметров масштаба и формы для распределения значений  $\text{tg}\delta$  в дефектных вводах,  $\text{tg}\delta_{\text{гр}}$  – предельно допустимое значение  $\text{tg}\delta$  подлежащее определению.

Выполненный в [3] анализ рисков, которые сопровождаются использованием ПДЗ показателей, регламентируемых в Украине и ПДЗ показателей, которые получены разными методами, показал, что минимальное значение возможного экономического ущерба обеспечивают ПДЗ показателей, которые получены методом минимального риска с учетом условий эксплуатации вводов.

## Литература:

1. О.В. Шутенко, А.А. Загайнова, Г.Н. Сердюкова Анализ влияния условий и режимов эксплуатации на техническое состояние основной изоляции высоковольтных вводов различной конструкции // Електротехніка і Електромеханіка. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2019. – №1. – С. 33–42. DOI: <https://doi.org/10.20998/2074-272X.2019.1.10>;
2. Shutenko Oleg, Zagaynova Alexandra, Serdyukova Galina Analysis of distribution laws of insulation indicators of high-voltage oil-filled bushings of hermetic and non-hermetic execution // Technology audit and production reserves. – 2018. – Vol. 4. – №. 1 (42). – pp 30–39; DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.140873>;
3. O. Shutenko, A. Zagaynova, G. Serdyukova Determining the Maximally Permissible Values for the Indicators of Insulation of Sealed Entrance Bushings with a Voltage of 110 kV Using the Method of Minimal Risk //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies– 2018. – Vol. 5. – №. 8 (95). – pp 6–15. DOI: [10.15587/1729-4061.2018.142185](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142185);

## РАСПОЗНАВАНИЯ ТИПОВ ДЕФЕКТОВ МАСЛОНАПОЛНЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИСКРИМИНАНТНЫХ ФУНКЦИЙ

Шутенко О.В., Кулик А.С.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В настоящее время для распознавания типа дефекта маслonaполненного оборудования по результатам анализа растворенных в масле газов, используются как значения отношений газов, так и значений процентного содержания газов, а также значений отношений концентраций газов к газу с максимальной концентрацией. Как показано в [1-3] использование только одного из этих трех критериев не всегда позволяет достоверно распознать тип дефекта. Для повышения надежности распознавания предлагается использовать дискриминантные функции, вида:

$$f_i = \lambda_0 + \lambda_1 \cdot \frac{CH_4}{H_2} + \lambda_2 \cdot \frac{C_2H_6}{CH_4} + \lambda_3 \cdot \frac{C_2H_4}{C_2H_6} + \lambda_4 \cdot \frac{C_2H_2}{CH_4} + \lambda_5 \cdot \frac{C_2H_2}{C_2H_6} + \lambda_6 \cdot \frac{C_2H_2}{C_2H_4} + \\ + \lambda_7 \cdot H_2\% + \lambda_8 \cdot CH_4\% + \lambda_9 \cdot C_2H_6\% + \lambda_{10} \cdot C_2H_4\% + \lambda_{11} \cdot C_2H_2\% + \lambda_{12} \cdot \frac{H_2}{A_{i \max}} + \\ \lambda_{13} \cdot \frac{CH_4}{A_{i \max}} + \lambda_{14} \cdot \frac{C_2H_6}{A_{i \max}} + \lambda_{15} \cdot \frac{C_2H_4}{A_{i \max}} + \lambda_{16} \cdot \frac{C_2H_2}{A_{i \max}},$$

где:  $\lambda_i$  – весовые коэффициенты, значения которых определяются так, чтобы значение  $f_i$  принимает максимальные значения для оборудования с данным типом дефекта;  $H_2\%$ ,  $CH_4\%$ ,  $C_2H_6\%$ ,  $C_2H_4\%$ ,  $C_2H_2\%$  – процентное содержание газов;  $A_{i \max}$  – газ с максимальной концентрацией.

Тип дефекта оборудования соответствует тому, для которого значение функции  $f_i$  принимает наибольшие значения по сравнению со всеми другими функциями, обученными для других диагнозов. Анализ показал, что использование данных функций, позволяет обеспечить более высокое значение достоверности поставленных диагнозов, по сравнению с традиционными методами.

### Литература:

1. Shutenko O. Analysis of the Content of Gases in Oil-Filled Equipment with Electrical Defects. // PROBLEMELE ENERGETICII REGIONALE – 2018 – №3 (38). – С 1–16. DOI:10.5281/zenodo.2222331;
2. O. Shutenko, I. Jakovenko Fault Diagnosis of Power Transformer Using Method of Graphic Images // 2017 IEEE INTERNATIONAL YOUNG SCIENTISTS FORUM ON APPLIED PHYSICS AND ENGINEERING (YSF-2017), October 17-20, 2017, Lviv, Ukraine, pp. 66–69. DOI: 10.1109/YSF.2017.8126594;
3. Шутенко О.В. Анализ графических образов, построенных по результатам ХАРГ для высоковольтных силовых трансформаторов с различными типами дефектов // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність – Харків: НТУ «ХПІ». – 2017. – №31 (1253). – С. 97–121;

## КОНТРОЛЬ ДЕФЕКТНОСТІ ІЗОЛЯЦІЇ В ПРОЦЕСІ ВИРОБНИЦТВА ЕМАЛЬПРОВОДІВ

<sup>1</sup>Щебенюк Л.А., <sup>2</sup>Волчукова П.М., <sup>3</sup>Антонець С.Ю.

<sup>1,2</sup>*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,*

<sup>3</sup>*ЗАТ «Завод Південкабель», м. Харків*

Освоєння і впровадження в виробництво емаль проводів інноваційної продукції пов'язане, по-перше, з використанням імпортних емальлаків, обладнання і технології виготовлення, але, з іншого боку, вимагає ефективної роботи персоналу по прийняттю технологічних рішень, зокрема щодо аналізу відповідності вимогам діючої нормативної бази та вимогам реального ринку основних і допоміжних матеріалів та методів випробувань матеріалів і готової продукції. Наприклад відомо, – особливістю поліефірімідних емальлаків є то, що повне завершення процесу полімеризації плівки лаку відбувається тільки в дуже тонких шарах. Це означає, що необхідним є технологічний контроль повноти полімеризації, але такий контроль не передбачений діючою нормативною документацією.

Це створює протиріччя між відносно високою вартістю інноваційної продукції і необхідністю організації використання передових сучасних технологій контролю.

Формування емаль ізоляції, що відбувається при послідовному нанесенні шарів діелектрика по мірі проходження технологічного маршруту емалювання залежить від стану поверхні мідного провідника. Дефекти поверхні мідного провідника змінюють картину електричного поля навколо типового дефекта поверхні провідника по мірі проходження технологічного маршруту емалювання, що зумовлює достатньо різку, зміну поточних параметрів емальдроту на конкретному етапі маршрута емалювання. Ця зміна розділяє маршрут на два різні участки; місце відповідної зміни в маршруті визначається співвідношенням розміру критичного дефекту поверхні провідника і радіальної товщини ізоляції.

**Висновок.** Необхідно виділити серед різних дефектів поверхні провідника типові, які є основним фактором, що визначає появу слабких місць в ізоляції, а відтак розробити модель такого дефекту і його впливу на формування електричної міцності ізоляції в процесі емалювання. Порівняння впливу різних розмірів типового дефекту поверхні провідника на картину електричного поля навколо типового дефекту дало змогу проаналізувати вплив рівня дефектності поверхні на неоднорідність електричного поля при випробуваннях на пробій і при неруйнівних випробуваннях високою напругою на прохід.

### Література:

1. Голик О.В. Метод оперативного контролю параметрів двухслойной полиимидной изоляции эмальпровода в процессе производства: дисс. канд. техн. наук: 05.11.13/ Голик Оксана Вячеславовна.

## **СЕКЦИЯ 11. СУЧАСНІ ХІМІЧНІ ТА ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ І МАТЕРІАЛИ, БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИДОБУВАННЯ І ПЕРЕРОБКИ ПАЛЬНИХ КОПАЛИН**

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭНЕРГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

**Авраменко А.Н., Соловей В.В., Зипунников Н.Н.**

*Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного  
НАН Украины, г. Харьков*

На основе системного анализа разработан комплексный подход интеграции материальных и энергетических потоков в системе «ДВС – окружающая среда», обеспечивающий повышение эко-энергоэффективности, доводя ее технико-экономические характеристики до перспективных показателей. Достичь поставленной в работе цели предлагается путем применения инновационных конструктивных, режимных и технологических подходов при реализации рабочих процессов [1, 2], формируемых на основе предварительной энергофизической обработки традиционных топлив с целью повышения их реакционной способности. В результате реализации комплекса предложенных мер будет увеличена полнота сгорания топлива, что приведет к улучшению энергетических и экологических характеристик, включая такой важный для дизельных двигателей показатель, как массовый выброс твердых частиц, определяющий дымность отработавших газов [1, 2]. Серьезной модернизации будет подвергнута система турбонаддува [3], в которой кроме изменения проточной части турбины и компрессора будет реализована водородная плазмохимическая технология обработки отработавших газов двигателя, что дополнительно снизит содержание твердых частиц,  $C_nH_m$ , CO, и других токсичных компонентов [2]. Для обеспечения надежной работы двигателя и турбонаддувочной системы при повышенных параметрах предлагается термостойкое покрытие поверхности элементов, обеспечивающих их надежную работу в условиях циклических баротермических нагрузок.

В комплексе указанные мероприятия обеспечат повышение КПД судовой энергоустановки на базе дизельного двигателя на 7 – 9 %, снижение интегральной токсичности дымовых газов по основным компонентам на 10 – 12 % (по углеводородам и канцерогенным веществам до 30 %).

#### **Литература:**

1. Wickman D. Optimized Split-Spray Piston Geometry for HSDI Diesel Engine Combustion. / Wickman D., Yun H. and Reitz R. // Journal of Engines. – 2003. – Vol 112. – P. 488-507.
2. Абрамчук Ф.И. Программный комплекс для моделирования внутрицилиндровых процессов ДВС / Ф.И. Абрамчук, А.Н. Авраменко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2010. – № 2. – С. 7-12.
3. Modelling 3D steam turbine flow using thermodynamic properties of steam IAPWS-95 / A.V. Rusanov, P. Lampart, N.V. Pashchenko, R.A. Rusanov / Polish Maritime Research. – 2016. – Vol. 23, № –1(89). – P. 61-67.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРОІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ  
НА ОСНОВІ ПОЛІУРЕТАНОВОГО КАУЧУКУ**  
**Авраменко В.Л., Черкашина Г.М., Підгорна Л.П., Гаркавий Д.Ю.**  
*Національний технічний університет*  
*«Харківський політехнічний інститут»,*  
*м. Харків*

Віброізоляційні матеріали знаходять широке застосування в різних галузях техніки і промисловості.

Віброізоляційні матеріали здатні знижувати рівень вібрацій від машин і технологічного обладнання до 80 %.

Віброізоляційні матеріали на основі еластомерів повинні мати високий ступінь вібро і звукопоглинання (ударний і акустичний шум), мати достатню міцність, зберігати вихідний об'єм і мати можливість експлуатуватись при температурах від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+120^{\circ}\text{C}$ , не виділяти шкідливих речовин при експлуатації.

Метою нашої роботи була розробка і дослідження віброізоляційного матеріалу на основі поліізопренового каучуку. До складу віброізоляційного компаунду входили поліізопреновий каучук, наповнювач (крейда), пластифікатор.

В результаті проведених досліджень був одержаний віброізоляційний матеріал з наступними характеристиками:

температура початку розкладу	$-220^{\circ}\text{C}$ ;
густина	$-1,728\text{ г/см}^3$ ;
міцність зчеплення з бетоном	
і сталлю	$-10 - 15\text{ МПа}$ ;
липкість по методу шару, який	
рухається по поверхні	$-40 - 117\text{ мм}$ .

Одержаний віброізоляційний матеріал рекомендується для використання поглинання вібрацій від машин і технологічного обладнання, що працюють в діапазоні робочих частот від 20 до 10000 Гц.

Такий матеріал здатний згашувати структурний (ударний) та повітряний (акустичний шум), має достатню міцність і зберігає початковий (вихідний) об'єм. Він може також використовуватись для віброізоляцій механічних конструкцій шляхом нанесення на їх поверхню.

Розроблений компаунд здатний до регулювання товщини нанесеного шару, часу і температури структурування, може вироблятися у вигляді рулонного матеріалу з липким або металізованим шаром.

Регулюючи вміст наповнювача і пластифікатору можливо виготовлення еластичного, напівжорсткого або жорсткого покриття в залежності від вимог галузі експлуатації.



## COMPLEX PROJECTS COMPETENCE DEVELOPMENT

Ageicheva A.O., Bukhkalo S.I.\*

*National Technical University "KhPI", Kharkiv\**

*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava*

Master class general problem issues [1] include the notion of "educational technology", which is broader than "pedagogical technology" (for pedagogical processes). Education includes, apart from pedagogical, a variety of social, socio-political, managerial, cultural, psychological and pedagogical, economic and other related aspects. On the other hand, the concept of "educational technology" refers to all sections of pedagogy, taking into account technology in education and technology of education.

At implementation of our complex projects development in the educational process we have obtained practical results promoting the development of intellectual and organizational skills of students who form the skills of independent, organizational and collective activities is competence, communication skills, creativity and personality of the head who generally contribute to the intensive development of scientific and technical creativity of graduates, as well as raising the general cultural level of students; detection and development of students' profile creative abilities, taking into account motivation to research and development activities; creating the necessary conditions for supporting talented students; development the criteria for the quality of training, corresponding to the tasks and requirements of students scientific research; the development of various forms of educational technology and the organization of activities aimed at the development of young athletic skills; building relations with a "clean sheet"; research scientific novelty; horizons expansion; different sources usage; applications preparation for international funds and programs related to the implementation of scientific developments and university patents; assisting in project applications preparation, business plans and other documents in the scientific and technical field; projects, programs, funds, grants monitoring and studying the possibility of participating at the university; participation in the creation of partners network of international organizations on the implementation of scientific innovation projects; scientists and creative teams attraction for realization scientific and technical and innovative developments; interaction with representatives of the authorities in the field of program and project activity; participation of the university in scientific and technical exhibitions organization, sharing information related to carried out projects, innovative developments, technical and scientific achievements in the mass media [1 – 3].

### References:

1. Bukhkalo S.I. Intellectual Property Objects Complex Properties in the Competency Developments System. XVI International school-seminar "Modern pedagogical technologies in education" January 30 - February 1, 2019.
2. Bukhkalo S.I., Iglin S.P., Hlavcheva Y.M., Miroshnichenko N.M. Possibilities of determining the components of composite projects. 2018. Bulletin of the NTU "KhPI". – Kh. : NTU "KhPI". No. 40 (1316). – pp. 46 – 52.
3. Bukhkalo S.I. Synergetic processes of utilization-modification of polymeric solid particles. Bulletin of the NTU "KhPI". - Kh. NTU "KhPI". 2017, - No. 41 (1263), – pp. 17–27.

## ДОСЛІДЖЕННЯ В'ЯЗКОСТІ ЖИРОВИХ СИСТЕМ

Акимченко В. Е., Гладкий Ф. Ф., Гаврюшенко К.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Відомо, що масло-какао кристалізується у 6 поліморфних модифікаціях. Температури плавлення цих модифікацій знаходяться в інтервалі від 16 °С до 33 °С[1]. Оскільки масло какао є багатокомпонентною сумішшю ефірів гліцерину, то при швидкому охолодженні спочатку кристалізується більш низькоплавка модифікація, що обумовлює підвищення в'язкості системи і унеможливорює кристалізацію масла в  $\beta$  – стабільній модифікації.

Чим нижча в'язкість какао масла, тим більша рухливість молекул, менша енергія активації в'язкості, більше ймовірність зіткнення молекул, як наслідок, і швидкість виникнення центрів кристалізації [2].

Для зниження в'язкості системи пропонується додавати етилові ефіри стеаринової кислоти, що дозволяє при швидкому охолодженні сформувати стабільну модифікацію, виключаючи тривалий процес темперування шоколадних мас.

Проведені виміри кінематичної в'язкості індивідуальних масла какао та етилових ефірів стеаринової кислоти і їх сумішей. З отриманих даних видно, що в'язкість масла какао у 10 разів більше, ніж етилових ефірів.

Встановлено, що суміш з вмістом етилових ефірів стеаринової кислоти 50 % і більше може бути застосовна для досягнення ефекту. Непрямим доказом цього є дослідження етилових ефірів стеаринової кислоти у складі гіркої шоколадної маси.

Зразки шоколадної маси, що виготовлені з використанням етилових ефірів стеаринової кислоти, при зберіганні протягом 6 місяців не мають жирового посивіння на відміну від шоколадних зразків, виготовлених при тих самих умовах, але з використанням масла какао.

### Література:

1. Дорохович А.М. Технологія шоколаду: Навч. Посіб. – К.: НУХТ, 2014. – 367 с.
2. Зубченко А. В. Влияние физико-химических процессов на качество кондитерских изделий. – М.: Агропромиздат. 1986. – 296 с.

## **ВПЛИВ РОСЛИННИХ ІНГРЕДІЄНТІВ НА В'ЯЗКІСТЬ ЗБАГАЧЕНИХ ЙОГУРТІВ**

**Аксенко Є.А., Близнюк О.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Технологія йогуртів передбачає чотири стадії формування згустку: індукційна стадія флокуляції, при якій відбувається масова коагуляція, стадія метастабільної рівноваги, що характеризується ущільненням згустку та стадію синерезису, що полягає в мимовільному ущільненні структури за рахунок перегрупування частинок і збільшенні числа контактів між ними. На властивості згустків і в'язкість йогуртів впливають склад молока та бактерійних заквасок, режими пастеризації і гомогенізації, спосіб і тривалість коагуляції білків молока. В процесі виробництва йогурту згусток піддається механічній обробці: одночасне перемішування і охолодження згустку в резервуарі в кінці ферментації; перекачування згустку в пластинчастий або трубчастий охолоджувач. В результаті структура згустку стає менш в'язкою, при цьому можливе відділення сироватки.

Додавання до йогурту харчового збагачувача рослинного походження, що характеризується високою волого утримуючою здатністю, дозволить значно зменшити інтенсивність відділення сироватки та вплинути на в'язкість. Було вивчено вплив кількості внесення різних рослинних інгредієнтів на в'язкість йогуртів. Дослідження на ротаційному віскозиметрі показали, що збільшення концентрацій смородинового соку та цукрового сиропу веде до зниження в'язкості і міцності готового продукту, в той час як збільшення концентрації порошку топінамбуру веде до збільшення в'язкості і міцності йогурту. Встановлено, що порошок топінамбуру як джерело харчових волокон, пектинових речовин, вітамінів, макро- та мікроелементів дозволяє також значно поліпшити структуру йогурту. По сукупності отриманих експериментальних даних встановлено, що оптимальні споживчі і функціонально-технологічні показники досягаються при внесенні до складу йогурту порошок топінамбуру в кількості 1,0 – 2,5 %, смородинового соку 4 %, цукрового сиропу 5 %. За оптимальної концентрації 1,0 – 2,5 % порошок топінамбуру позитивно впливає на органолептичні і структурно-механічні властивості продукту, подальше збільшення концентрації добавки приводить до надлишкової щільності консистенції.

Таким чином, проведена апробація добавок з метою виявлення синергізму інгредієнтів, встановлення термінів зберігання, функціональної дії та ефективності застосування дозволить удосконалити технології одержання конкурентоспроможного продукту.

### **Література:**

1. Wen Y. Chemical composition and rheological properties of set yoghurt prepared from skimmed milk treated with horseradish peroxidase / Y. Wen, N. Liu, X.-H. Zhao // Food Technol. Biotechnol. – 2012. – V. 50 № 4. – P. 473–478.
2. Lee W.J. Formation and physical properties of yogurt / W.J. Lee, J.A. Lucey // Asian-Aust. J. Anim. Sci. – 2010. – V. 23 № 9. – P. 1127–1136.

## УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

Алдаркіна А.О., Звягінцева О.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Хліб – один з найважливіших продуктів харчування. Тому дієтологи надають особливе значення хлібобулочним виробам, оскільки вони характеризуються високою енергетичною цінністю, гарною засвоюваністю.

Встановлено, що внесення в тісто високобілкових добавок замість частини пшеничного борошна сприяє інтенсифікації процесу бродіння і зміни структурно-механічних властивостей тіста: збільшення водопоглинальної здатності, швидкості утворення тіста, зменшення його розпливчасті. Такі вироби є дорожчими за соціальні, тому обсяги продажів у натуральних одиницях виміру є досить незначними. Проте експерти прогнозують збільшення частки інноваційної продукції [1]. Дослідження щодо створення та застосування в хлібопеченні функціональних добавок і нетрадиційних видів натуральної рослинної сировини є актуальними і перспективними.

Розробники збалансованого харчування удосконалюють рецептури виготовлення хлібу та хлібобулочних виробів шляхом збільшення харчової цінності продукту білками, вітамінами, макро- та мікроелементами. Це досягається різними шляхами: використання композитних сумішей (наприклад, суміш горохового, пшоняного, рисового та гречаного борошна); збагачення продукту насінням льону, кунжуту, соняшнику та ін.; додавання сировини з різних трав (червона конюшина, люцерна, кропива та ін.); застосування настою чайного грибу та багатьох інших білкових добавок.

Метою проекту було вдосконалення рецептури та технологічної схеми виготовлення пшеничного хлібу з додаванням нетрадиційної сировини, що володіє дієтичними і профілактичними властивостями; з високим вмістом біологічно активних речовин та збільшеним строком зберігання.

Поставлена мета досягається додаванням на стадії виготовлення хліба добавки, яка являє собою соєве молоко заквашуване культуральною рідиною гриба *Medusomyces gisevi* (симбіоз оцтовокислих бактерій та дріжджових грибів). Запропонована добавка містить корисні для людини компоненти, а саме білки, мінерали та вітаміни. За допомогою коригування складу сировини і підвищення кількості білку, з'являється можливість збільшити асортимент та полегшити процес виробництва хліба. Така зміна в технології дозволяє хлібу зберігатися довше та мати підвищену біологічну активність.

### Література:

1. Навольська Н. В. Дослідження ринку хліба і хлібобулочних виробів в Україні [Електронний ресурс] / Н. В. Навольська // Глобальні та національні проблеми економіки – 2016. Вип. 11. – С. 438 – 441.

## ДОСЛІДЖЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

Алдаркіна А.О., Звягінцева О.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Виробництво хліба та хлібобулочних виробів можна віднести до стратегічних галузей економіки України. В останні роки населення нашої держави проявляє все більший інтерес до нетрадиційних сортів хліба, збагаченого мінералами і корисними компонентами [1].

Метою проекту стало вдосконалення рецептури виготовлення пшеничного хлібу з додаванням нетрадиційної сировини, що володіє дієтичними і профілактичними властивостями; з високим вмістом біологічно активних речовин та збільшеним строком зберігання. Внесення біологічно активної добавки в тісто приготоване безопарним способом дає можливість скоротити рецептурну кількість пресованих хлібопекарських дріжджів [4]. Проекті згідно з патентом [3] в якості молочного компоненту при замішуванні тіста використовували соєве молоко заквашуване культуральною рідиною *Medusomyces gisevi* (симбіоз оцтовокислих бактерії (*Acetobacter xylinum* або інші види роду *Acetobacter*), дріжджові гриби (*Saccharomyces ludwigii*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Brettanomyces bruxellensis*, *Candida stellata*, *Schizosaccharomyces pombe*, *Torulaspora delbrueckii*, *Zygosaccharomyces bailii* і інші)) [2].

Таке технологічне рішення надає хлібу таких властивостей як: більший термін зберігання та покращення харчових властивостей.

### Література:

1. Навольська Н. В. Дослідження ринку хліба і хлібобулочних виробів в Україні [Електронний ресурс] / Н. В. Навольська // Глобальні та національні проблеми економіки – 2016. Вип. 11. – С. 438 – 441.
2. Данієлова Л. Т. Вплив культуральної рідини чайного гриба (бактерицинов) на зростання курчат і їх кишкову мікрофлору / Л. Т. Данієлова, Оганесян М. А. // Изв. академії наук вірменської РСР. Біологічні науки. – 1961. – № 2. – С.93 – 98.
3. Патент 2526651 Российская Федерация, МПК A21D8/02, A21D8/04. Способ производства пшеничного хлеба / Федорова Р. А., Головинская О. В., Пономаренко В. М.; заявитель и патентообладатель Федорова Р. А., Головинская О. В., Пономаренко В. М. – №2012147568/13; заявл. 02.11.2012, опубл. 27.08.2014, Бюл. № 24. – 6 с.
4. Ауэрман Л. Я. Технология хлебопекарного производства : Учебник. – 9-е изд.; перераб. и доп. / под общ. ред. Л. И. Пучковой. – СПб. : Профессия, 2005. – 416 с.

## **СОЗДАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ УВЛАЖНЯЮЩИХ ПАТЧЕЙ ПОД ГЛАЗА**

**Альтемирова Л.Р., Овсянникова Т.А.**  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

На сегодняшний день очень актуальна проблема преждевременного старения кожи, которая решается путем системного ухода за ней, главным образом — увлажнением.

Маски для лица являются наиболее распространенными косметическими средствами, используемые для ухода за кожей. Главным образом это связано с их легкостью в использовании, разнообразием, возможностью подбирать маску индивидуально в зависимости от текущего состояния кожи, окружающей среды и климата.

Были рассмотрены следующие типы косметических масок: листовые, гидрогелевые, смываемые и отшелушивающие. Каждая из них выполняет различные функции и имеет некоторые преимущества для определенных типов кожи в зависимости от используемых ингредиентов.

В своем проекте мы сосредоточились на гидрогелевых патчах для области вокруг глаз. Мы изучили составы масок зарубежных производителей (Корея, Китай, США) и предложили свою рецептуру производства патчей под глаза. Было отмечено, что зарубежные производители в качестве структуро- и гелеобразователей используют каррагинан, камедь рожкового дерева и ксантановую камедь. Мы за основу брали другие продукты, выполняющие эти функции: желатин, агар-агар и пектин. В итоге наша рецептура оказалась дешевле, доступнее и результативнее.

Также были рассмотрены вопросы сырьевой базы для данного продукта, доступные в Украине и контроль качества.

### **Литература:**

1. Nilfroushzadeh MA, Amirkhani MA, Zarrintaj P, et al. Skin care and rejuvenation by cosmeceutical facial mask. J Cosmet Dermatol. 2018;00:1–10. <https://doi.org/10.1111/jocd.12730>

## СИСТЕМА ТРИГЕНЕРАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНСОЛЯЦІЇ

Альхемірі Саад Альдін<sup>1</sup>, Денисова А.Е.<sup>1</sup>, Морозюк Л.І.<sup>2</sup>, Петіна Г.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Одеський національний політехнічний університет

<sup>2</sup>Одеська національна академія харчових технологій,  
м. Одеса

Забезпечити цілорічне отримання електричної енергії, гарячого водопостачання, кондиціювання та опалення приміщень, здатні системи тригенерації (рис. 1) на основі сонячних енергетичних установок прямого перетворення енергії, що містять теплові сонячні колектори прямого підігріву води та сонячний фотоелектричний генератор прямого перетворення теплоти в електроенергію (рис. 2). Холодо- та теплопостачання здійснюється парокомпресійною машиною (ПХМ) через систему вентиляції приміщення зі зміною напрямку і витрати обробленого зовнішнього повітря. Схемне рішення ПХМ створено за «методом циклів», який полягає в покроковому нарощуванні незворотностей циклу Карно, що обумовлені реальною роботою елементів ПХМ і ТН [1]. В технологічній схемі циркуляції потоків блоку холодопостачання (рис. 3) потік свіжого повітря вентилятором подається: до конденсатора (К) та повітроохолоджувача-випарника (ПОВ). В режимі кондиціювання потік охолодженого повітря після ПОВ подається у приміщення в припливну лінію вентиляції. Підігріте повітря виходить з приміщення через витяжну лінію. Другий потік повітря рухається через К, відводить тепло та повертається в довілля (лінія А).

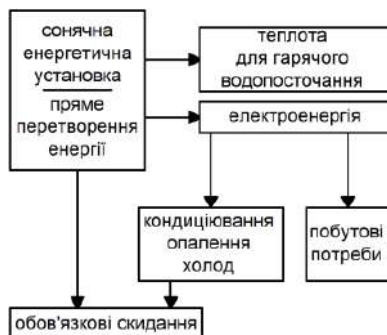


Рис. 1 – Схема установки



Рис. 2 – Сонячна енергоустановка з ПХМ

В режимі опалювання потік підігрітого повітря після К прямує до оселі та виходить назовні. Потік повітря після ПОВ повертається в довілля (лінія В). Перевагою розробленої схеми (рис. 3) є розміщення ПХМ поза будівлі, безпека для мешканців та легкий доступ під час ремонтних робіт.

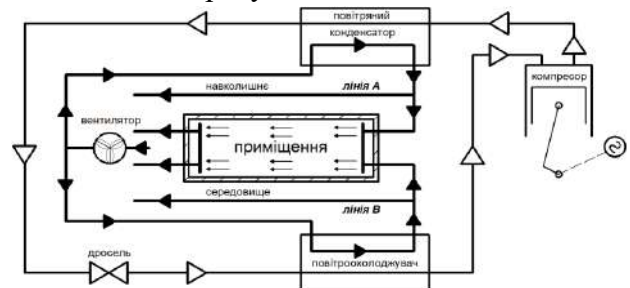


Рис. 3 – Схема циркуляції потоків в блоці холодопостачання

### Література:

1. Теория холодильных машин и тепловых насосов [Текст] / Т.В. Морозюк. – Одесса: Студия «Негоциант», 2006. – 712 с.



## СЕРОВОДОРОДНАЯ КОРРОЗИЯ СТАЛИ В ПЛАСТОВЫХ ВОДАХ НЕФТЕПРОМЫСЛОВ ИРАКА

Амир Немах М., Донской Д.Ф., \*Нестеренко С.В.

*Национальный технический университет*

*«Харьковский политехнический институт»,*

*\*Харьковский национальный университет городского хозяйства  
им. А.Н. Бекетова, м. Харьков*

Целью настоящих исследований является изучения коррозионной стойкости современных аустенитно-ферритных сталей (АКС AISI 304, Супер ДКС SAF 2507 фирмы Sandvik) в пластовых водах нефтепромыслов Ирака в сравнении с традиционно используемым аналогом (AISI 304). Химический состав исследуемых материалов и пластовой воды приведен в табл.1 и табл.2.

Таблица 1 – Химический состав исследуемых сталей

Марка стали	C	S	P	Cr	Ni	Mo	N	PRE*	**Скорость коррозии
SAF-2507	0.02	0.01	0.03	25	7	4	0.27	43	0.18
AISI 304	0.08	0.03	0.045	19	9.3	-	-	-	0.45
Сталь 45	0,1	0,02	0,035	13,3	13,2	2,4	-	-	1.4

PRE\* – показатель стойкости к питтингообразованию. \*\* Скорость коррозии в пластовой воде – мм/год, при 60 °С с продувкой H<sub>2</sub>S (p = 0.2 атм)

Таблица 2 – Характеристика пластовой воды

Плотность, г/л	1.1470	pH	6.09	Общая минерализация, мг/л			201708
Катионы, мг/л	K+Na	Ca	Mg	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Σ	
	57796	14428	3648	134	2	76009	
Анионы, мг/л	HCO <sub>3</sub>	Cl	I	Br	SO <sub>4</sub>	Σ	
	146	125351	23	160	19	125699	

Коррозионную активность пластовой воды по отношению к указанным сталям при продувке ее H<sub>2</sub>S определяли потенциометрическим методом на базе модернизированного потенциостата EP-20 А (см. табл.1).

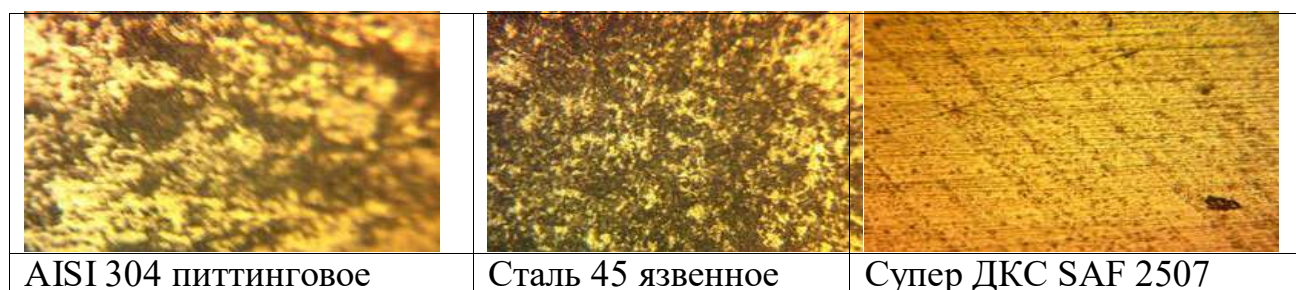


Рис.1 – Характер разрушения опытных образцов сталей после испытаний в пластовой воде с продувкой H<sub>2</sub>S . Увеличение x 200.

Таким образом, по результатам проведенных испытаний наиболее приемлемой является сталь Супер ДКС SAF 2507, которая проявляет минимальную скорость коррозии и обладает хорошей стойкостью, как против общей, так и против локальной коррозии.



## ДОСЛІДЖЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ АМІЛОЛІТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ КУЛЬТУРАЛЬНОЇ РІДИНИ *MEDUSOMYCES GISEVII*

Андрощук Д.Р., Масалітіна Н.Ю.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В даний час актуальним є пошук найбільш перспективних способів отримання ферментів, оскільки виробництво препаратів на їх основі займає одне з провідних місць у сучасній біотехнології. Застосування амілази в промисловості пов'язано з їх поширенням в природі та із особливою специфічністю ферменту по відношенню до субстрату. Як пріоритетні джерела амілаз використовуються мікроорганізми. Для отримання промислових препаратів амілази використовують гриби, деякі бацили, псевдомонади та різні види стрептоміцетів [1]. Як продуцент амілази для дослідження, був обраний природний симбіонт *Medusomyces gisevii* (чайний гриб), який представляє собою складну мікробну асоціацію. Видовий склад *Medusomyces gisevii* дуже різноманітний і залежить від умов, місця і часу культивування. Складовими частинами симбіонту *Medusomyces gisevii* є: культуральна рідина, зооглея, мезоглея та осад [2]. Культуральна рідина складається з поживних субстратів, продуктів життєдіяльності мікроорганізмів та окремих бактерій, які переміщуються в середовищі за рахунок дифузії. Культуральна рідина – це концентрат чайного гриба, якій містить спирт (1 – 3 %), цукор, оцтову, глюконову, лимонну, щавлеву і піровиноградну кислоти, ферменти, вітаміни С, Р, В<sub>1</sub>, кофеїн, дубильні речовини. Вживання як напою культуральної рідини чайного гриба надає антибактеріальну, дезінтоксикаційну, протизапальну дію та ін. [3]. Проведено дослідження амілолітичної активності культуральної рідини *Medusomyces gisevii* на різних етапах культивування. Культивування проводилось при кімнатній температурі на поживній рідині, що складалася з очищеної води, сахарози (10 %) та екстракту зеленого чаю. Для вивчення амілолітичної активності культуральної рідини був використаний метод, що базується на гідролізі крохмалю ферментами амілолітичного комплексу до декстринів різної молекулярної маси [4]. Результати дослідження свідчать, що культуральна рідина чайного гриба проявляє амілолітичну активність, яка зростає з першу по 30-ту добу культивування. Це дозволяє розглядати культуральну рідину як перспективну біотехнологічну сировину джерела амілази.

### Література:

1. Галич И.П. Амилазы микроорганизмов / И.П. Галич – Киев: Наукова думка, 2000. – 195 с.
2. Goginyan V.B. Antioxidant properties of Tea fungus (Kombucha) and its microflora / V.B. Goginyan // Biol. J. Armenia. – 2001. – V. 53. – P. 296–299.
3. Dufresne C. Tea, Kombucha and health: a review / C. Dufresne, E. Farnworth // Food Research International. – 2000. – 33(6). – P. 409–421
4. Яровенко В.Л. Справочник по производству спирта. Сырье, технология и теххимконтроль. / В.Л. Яровенко, Б.А. Устинов, Ю.П. Богданов, С.И. Громов // М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 336 с.

## **БІОТЕХНОЛОГІЧНЕ УДОСКОНАЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА НАТУРАЛЬНОГО ЯБЛУЧНОГО ОЦТУ.**

**Андрощук Д.Р., Сасенко І.В., Ларінцева Н.В., Огурцов О.М.**

***Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків***

Оцет – продукт біотехнологічного виробництва, який виготовляється людством більше 7 тисяч років тому. Його одержували з фруктів, ягід, рису тощо. Оцет був не лише приправою, а використовувався і як лікувальний засіб для боротьби з гіпертонією, нападами мігрені, бронхіальної астми, алкоголізмом та артритом. Натуральний оцет містить в собі великий набір мінеральних речовин, таких як залізо, магній, кальцій, фосфор. До його складу входять вітаміни В, С, Е [1].

В Україні більшість оцту, що потрапляє на полиці магазинів – оцет синтетичного походження – продукт хімічного синтезу природного газу або сублимації деревини. Він досить дешевий, але не якісний, містить велику кількість токсичних речовин, які потрапляючи до організму людини, призводять до негативних наслідків. Тому актуальним є впровадження у виробництво технологій одержання натурального оцту [1].

Найпоширенішими видами кулінарного оцту в Україні є виноградний та яблучний оцет. Але через брак виноматеріалу перспективно вдосконалювати виробництво саме яблучного оцту.

Сам процес виробництва яблучного оцту не складний, але досить довгий через те, що при його виробництві плодово-ягідне сусло проходить два основні етапи: спиртове зброджування дріжджами цукроміцетами та оцетовокисле зброджування ацетобактеріями, тому треба працювати над технологіями, що скоротять процес виробництва без зниження якості готової продукції.

Грунтуючись на літературному огляді пропонується удосконалення технології виробництва наступним чином: попередньо підготовану яблучну масу піддають гідролізу мікроскопічними грибами роду *Aspergillus*: *A.oryzae*, *A. awamori*, *A. niger*. Потім отримані прості цукри окислюють гіпоїодідом барію до органічних кислот в перерахунку на яблучну 9,0-9,5 об.%, Які стабілізують аміною кислотою або культурою денітрифікуючих бактерій [2].

Перевага запропонованого способу виробництва полягає в тому, що в складі отриманого оцту знижується вміст оцтової кислоти, дратівливої для слизової оболонки травного тракту, підвищується вміст яблучної кислоти, необхідної в обміні речовин, і здійснюється її стабілізація [2].

### **Література:**

1. Оцет може бути корисним тільки, якщо його виготовлено з харчової сировини [Текст] / А. В. Миронова // Стандартизація. Сертифікація. Якість : Науково-технічний журнал. - 2015. - N 3. - С. 51-53 : ил. . - ISSN 2307-4949.
2. Пат. 17995 Казахстан, МПК C12J 1/00. Способ получения яблочного уксуса / Майлиева Г.К., Жатканбаев Е., Мирзаев А. А., опубл. 15.11.2006.

## **РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ ЛІКЕРУ З ВИКОРИСТАННЯМ НАТУРАЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ ТА РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ**

**Антоненко Д.А., Півень О.М., Березка Т.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Лікер (від лат. liquor – рідина) – алкогольний напій, виготовлений з фруктових та ягідних соків, сиропів, настоїв духмяних трав, із додаванням корінців, прянощів тощо. Даний напій має певні корисні властивості, оскільки містить у своєму складі компоненти, які підвищують імунітет та виявляють антибактеріальні властивості. Лікер має ніжний солодкуватий та освіжаючий смак. Вживається як у нерозведеному виді, а також у складі коктейлів. Використовується також для приготування страв, переважно – десертів.

В роботі розглянуте питання підбору компонентів для нового напою – лікеру на основі цитрусових соків, ягідних цукрових сиропів, рослинних екстрактів та прянощів. Цитрусові плоди мають велику кількість вітамінів: А, С, Е, РР, групи В, мінерали – кальцій, магній, натрій, калій, фосфор, залізо. Також, як компоненти напою запропоновано використовувати такі рослинні водно-спиртові екстракти: екстракт м'яти, якому властивий освіжаючий аромат та унікальний присмак; екстракт кориці, що надає напою ніжний пряний аромат; екстракт цедри грейпфруту, який надає лікеру аромат цитрусу та приємну гіркоту.

Для отримання напою із заданими фізико-хімічними та органолептичними показниками в ході роботи застосовано ПФЕ. У даному експерименті було поставлено задачу – виявити вплив технологічних факторів процесу екстрагування (тривалості екстрагування, температури процесу та концентрації спирту) на параметр відгуку (вмісту сухих речовин в екстракті). Після обробки результатів дослідження було отримано математичний опис процесу екстрагування у виді регресійного рівняння. Запропоновано раціональні технологічні режими.

Також було проведено дегустаційну оцінку, з метою виявлення оптимального співвідношення компонентів у напої, при якому можна було отримати максимальну органолептичну оцінку. Найбільш поширеними для дослідження композицій сумішей є симплекс - гратчасті плани Шеффе. Вони забезпечують рівномірне розподілення експериментальних точок з  $(q-1)$ - мірним симплексом. Для визначення залежності органолептичної оцінки від концентрації взаємозамінних компонентів було реалізовано факторний експеримент третього порядку. Для цього було запропоновано 10 рецептур напою з різною кількістю взаємозамінних компонентів, але з постійною смаковою основою.

За результатами дегустаційної оцінки було побудовано рівносторонній трикутник в обраному полі точності, також отримано математичну модель у вигляді рівняння регресії, завдяки чому визначено найкраще співвідношення складових нового продукту. Таким чином, було розроблено рецептуру нового лікеру.

## УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ ВТОРИННИХ МЕТАБОЛІТІВ РОСЛИН НА ПРИКЛАДІ ГЛІКОЗИДІВ

**Анціборенко Б.Р., Фролова О.М.**  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Серцеві глікозиди – складні сполуки рослинного походження, що мають кардіотонічну активність, та широко застосовуються у медицині, як діюча речовина фітофармацевтичних препаратів

Наразі більшість глікозидних препаратів виготовляються за застарілими технологіями, тому кількісний вихід готового продукту є досить низьким. Тому перспективним є впровадження у виробництво нових сучасних технологій з метою збільшення кількісного виходу та високої якості глікозидів.

Дігосин відноситься до групи серцевих глікозидів і має вибірковий вплив на серце, який обумовлений присутністю у молекулі безсахаристої частини – аглікона, який, у свою чергу, приводить до інгібування тропонінового комплексу та пригнічення впливу на взаємодію актину та міозину. Систола стає коротшою і енергетично економнішою, тонус міокарда зростає.

Аналізуючи існуючі методи виготовлення лікарської сировини дігосину були виявлені можливості покращення технології за допомогою застосування біотехнологічних можливостей суспензійних калусних культур.

Також, для прискорення росту біомаси суспензії використовуються ауксини та біорегулятори росту.

Запропоновані покращення виробництва дозволяють:

- 1) знизити час виробництва;
- 2) отримати високоякісний та безпечний продукт шляхом проведення контролів якості та безпеки на ключових етапах виробництва та готової продукції;
- 3) знизити ціну отриманої сировини для виготовлення ЛП.

### **Література:**

1. Анціборенко Б. Р. Біотехнологія одержання вторинних метаболітів рослин на прикладі глікозидів [Електронний ресурс]: кваліфікаційна робота освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр / Анціборенко Богдан Романович ; наук. керівник Фролова О.М.; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – ХТ-54Б(О).01. – Харків, 2018. – 70 с.
2. Технологія лікарських препаратів промислового виробництва. Навчальний посібник. Видання друге / За ред. Д.І. Дмитрієвського. – Вінниця: НОВА КНИГА, 2008. – 280 с.

## ВИКОРИСТАННЯ СПЛАВІВ АЛЮМІНІЮ В ВОДНОЛУЖНОМУ ЕЛЕКТРОЛІЗІ

**Байрачний Б.І., Желавська Ю.А., Руденко Н.О., Дідоренко В.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

При електрохімічному отриманні водню для потреб енергетики актуальним є розробка нових та удосконалення існуючих методів отримання водню шляхом використання нових електродних матеріалів, що дозволить зменшити матеріало та енерговитрати, а отже, і собівартість отриманого водню. В якості анодів перспективними є використання сплавів алюмінію, які інтенсивно розчиняється в лужних електролітах з виділенням водню і є основою концепції алюмоводневої енергетики [1, 2].

В роботі досліджено хімічне та електрохімічне розчинення сплаву алюмінію АМГ у розчині 2,5М NaOH + 0,2 NaCl та визначені питомі об'єми отриманого водню (табл.1)

Таблиця 1 – Об'єми отриманого водню при розчиненні сплаву АМГ

Густина струму, А/дм <sup>2</sup>	Питомий об'єм водню V (H <sub>2</sub> ), дм <sup>3</sup> /дм <sup>2</sup> ·год	
	електрохімічне розчинення	хімічне розчинення
1	0,87	1,06
2	1,17	
4	2,15	
6	2,94	

За результатами проведених досліджень запропонований спрощений технологічний процес безкисневого електрохімічного отримання водню з використанням дешевих сплавів алюмінію та їх відходів для виробництва водню у реакторах невеликої продуктивності ( 1 – 5 м<sup>3</sup>/дм<sup>2</sup>·год), з подальшим його використанням в енергетиці для отримання тепла, хімічних виробництвах та в побуті. В інтервалі густин струму 2 – 6 А/дм<sup>2</sup> напруга на електролізері не перевищує 1 В, що 2 – 2,5 рази менше за напругу при сучасному промисловому воднолузному електролізі. Нова технологія дозволяє заощаджувати до 50 % електроенергії та забезпечує наближення собівартості отриманого водню до показників собівартості природного газу, що має велику перспективу його використання.

### Література:

1. Козин Л.Ф. Современная энергетика и экология / Л.Ф. Козин, С.В. Волков. – Киев: Наукова думка, 2006. – 773 с.
2. Шейдлин А.Е. Концепция алюмоводородной энергетики / А.Е. Шейдлин, А.З. Жук // Российский химический журнал. – 2006. – Т.1. - №6. – С. 105 – 108.

## УДОСКОНАЛЕННЯ АНАЛІТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ АНТИБІОТИКУ ГЕНТАМІЦИНУ

Барнашевська К.В., Близнюк О.М.  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Гентаміцин – антибіотик аміноглікозидного ряду на теперішній час займає важливе місце в лікуванні тяжких інфекційно-запальних захворювань, але для нього характерні специфічні небажані реакції, які ускладнюють його застосування, крім того гентаміцину властивий вузький коридор безпечності, тобто розрив між ефективним та токсичним рівнем концентрації в крові. Тому успішне застосування гентаміцину можливо лише за умови суворого контролю його концентрації в біологічних рідинах та в лікувальних препаратах. Більшість методів визначення гентаміцину, як і інших антибіотиків аміноглікозидного ряду, базується на використанні високоефективної рідинної хроматографії, яка занадто дорога та не завжди доступна; мікробіологічного методу, який занадто трудомісткий та недостатньо точний. Тому застосування більш простих та доступних електрохімічних методів, наприклад, іонометричних та вольтамперометричних із використанням реакції дериватизації є нагальною потребою сьогодення. Простота та доступність апаратури, експресність аналізу сприяє впровадженню цих методів. Перспективним є метод, що базується на дериватизації антибіотика, наприклад, на переведенні антибіотика в комплекс з металом та наступним використанням іонного асоціату (комплексу з гідрофобним протиіоном) тетрафенілборатом натрію як електродно активної сполуки. Оскільки ферменти нестійкі та занадто дорогі, хоча і забезпечують високу селективність, а прості іон-парні реагенти дешеві, але демонструють низьку селективність. Тому запропоновано використовувати іон-селективні електроди на основі іонних асоціатів, що утворені комплексами з купрумом(II), що сприяє збільшенню діапазону концентрацій гентаміцину в ампульних лікарських розчинах та наносомальних лікарських формах, а також зниженню межі визначення для іон-селективного електроду. Дослідження утворення комплексу гентаміцину з купрумом(II) в водних розчинах методом спектрофотометрії показали стехіометрію комплексу 1:1.

Отже, запропоновано використання експресної та доступної (простої) електрохімічної методики визначення гентаміцину в реальних об'єктах.

### Література:

1. Петрухин О.М. Применение комплексообразования аминогликозидных антибиотиков с катионами металлов как реакции дериватизации. Определение гентамицина равновесными электрохимическими и спектрофотометрическими методами / О.М. Петрухин, М.В. Костицына, Т.Г. Джераян и др. // Журнал аналитической химии – 2009. – Т. 64. №9. – С. 1–7.
2. Кулагина Е.Г. Ионометрическое определение гентамицина и канамицина в биологических жидкостях и лекарственных формах / Е.Г. Кулагина, Барагузина В.В., Кулагина О.И. // Химико-фармацевтический журнал. – 2004. – Т. 38, №9. – С. 48–51.

**ОДЕРЖАННЯ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ ЛІКАРСЬКОГО  
ПРИЗНАЧЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИМ ШЛЯХОМ**  
**Безрукавий Д.В., Владімірова Л.П., Ларінцева Н.В., Огурцов О.М.**  
*Національний технічний університет*  
*«Харківський політехнічний інститут»,*  
*м. Харків*

Ферментні препарати - це група фармакологічних засобів, що сприяють поліпшенню фізіологічних процесів в організмі людини. Зараз у світі найбільший попит є на фармацевтичні форми ферментних препаратів, що поліпшують травлення, та містять у своєму складі панкреатин тваринного походження, що є їх головним недоліком через високу ймовірність біологічного забруднення вихідної сировини. Альтернативою лікарських препаратів на основі панкреатину є індивідуальні ферментні препарати, одержувані з мікроорганізмів. Вони дозволяють створювати препарати з необхідним співвідношенням окремих ферментів, оптимальним для лікування різних випадків порушення травлення [1].

Тому є перспективним впровадження у виробництво ферментного препарату мікробного походження, який по фармакологічній активності буде тотожний відомим препаратам тваринного походження, наприклад «Креону». Оптимум дії ферментів, що входять до композиції, знаходиться в межах нейтральних значень рН [2].

Засіб для травлення, що представляє собою комплексний ферментний препарат, що включає протеазу, альфу-амілазу і ліпазу мікробного походження, що продукується мікроорганізмами *Bacillus licheniformis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Yarrowia lipolytica* [2].

Культивування біологічних продуцентів, виділення, очищення та висушування протеази, амілази та ліпази проводиться окремо. Питома активність одержаних ліпази, протеази та альфа-амілази складає 2400, 4,5 та 200 ОД/мг відповідно [2].

Після висушування та розмелювання ферментів проводять їх змішування у наступному співвідношенні (за одиницями активності) – протеаза: амілаза: ліпаза = 0,055: 0,85: 1 [2]. Одержаний порошок може бути направлений на подальше таблетування, фасування та пакування.

З вищезазначеного можна зробити висновок про перспективність одержання вітчизняних ферментних лікарських засобів біотехнологічним шляхом.

**Література:**

1. І.С. Чекмак, Н.О. Горчакова, В.А. Туманов та ін.— За ред. І. С. Чекмака. Підручник. — Київ: Вища школа, 2001. — 598 с.: іл. — ISBN 966-642-057-0.
2. Пат. 2429291 Российская Федерация, МПК C12N1/16, C12N1/20, C12N9/98. Пищеварительное средство на основе ферментов микробного происхождения / Бебуров М.Ю., Воюшина Т.Л., Выборная Т.В., Дебабов В.Г., Константинова Г.Е., Котлова Е.К., Ларинова Г.А., Леонова Т.Е., Рыбаков Ю.А., Синеокий С.П., Честухина Г.Г.; заявитель и патентообладатель Российская Федерация, от имени которой выступает Министерство образования и науки Российской Федерации, заявл. 28.12.2009, опубл. 20.09.2011.

## УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА L-АСПАРАГІНОВОЇ КИСЛОТИ

Бєлих І.А., Капустян Л.В., Огурцов О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Амінокислоти можна одержувати мікробіологічним, хіміко-ензимологічним та хімічним синтезом [1].

Для харчової та фармацевтичної промисловості аспарагінову кислоту одержують мікробіологічним синтезом шляхом біотрансформації фумарату амонію за допомогою біокатализатора, який отримують на основі клітин штаму *Escherichia coli* (*E. coli*) 858 та виділенні цільового продукту [2].

На основі проведеного патентного пошуку нами було запропоновано удосконалення біотехнології виробництва L-аспарагінової кислоти.

Одержання стаціонарних культур з високою аспартазною активністю здійснюють культивуванням клітин *E. coli* на середовищі такого складу:  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  – 1,5 г/л;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 0,75 г/л;  $\text{CaCl}_2$  – 0,01 г/л; фумарат натрію 3 г/л; ацетат амонію – 5 г/л; кукурудзяний екстракт – 5 г/л. Показник рівноважної концентрації іонів гідрогену (рН) становить 7,0. При вирощуванні штаму

*E. coli* 858 на поживному середовищі, яке містить оцтову кислоту, досягається висока аспартазна активність. Клітини штаму *E. coli* 858 використовують у нативному або іммобілізованому вигляді. Використання оцтової кислоти замість глюкози як джерела вуглецю для вирощування штаму *E. coli* 858 дозволяє вирішити дві проблеми – підвищити аспартазну активність клітин та забезпечити досягнення максимального рівня активності на стаціонарній фазі, коли проліферативна активність досягає максимальних значень. Оптимальна кількість оцтової кислоти, що вводиться у поживне середовище становить від 0,0001 до 5 %. У цих умовах штам *E. coli* 858 має високу аспартазну активністю, яка досягає максимуму на стаціонарній фазі росту (21 година) [2, 3].

Запропонована біотехнологічна схема виробництва L-аспарагінової кислоти є більш економічною та продуктивнішою за рахунок здешевлення процесу та інтенсифікації одержання клітин штаму *E. coli* 858 у порівнянні з відомими методами [1, 2, 3].

### Література:

1. Капустян Л.В. Біотехнологія виробництва аспарагінової кислоти : дипл. проект / Л.В. Капустян. – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – 98 с.
2. Пат. RU2546239C1 Российская Федерация, МПК C12P13/20, C12N1/21. Рекомбинантный штамм *Escherichia coli*, обладающий конститутивной аспартазной активностью и способ синтеза L-аспарагиновой кислоты с использованием этого штамма в качестве биокатализатора / Яненко А.С., Новиков А.Д. и др.; заявитель и патентообладатель ФГУП «ГосНИИгенетика». Заявл. 12.12.2013. опубл. 10.04.2015.
3. Пат. РД0038337 Российская Федерация, МПК C12R1/19, C12P13/20. Способ получения L-аспарагиновой кислоты / Новиков А.Д., Дербилов Д.Д., Губанова Т.А. и др.; заявитель и патентообладатель ФГУП «ГосНИИгенетика». Заявл. 11.07.2008. опубл. 20.08.2008.



## УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БЕТА-КАРОТИНУ

Белих І.А., Малигіна Ю.С.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Каротиноїди є найбільш розповсюдженою, багаточисельною та важливою групою природних пігментів у рослинному та тваринному царствах. Із 600 відомих на сьогодні каротиноїдів лише біля 50 з них відносяться до провітаміну А. Активність вітаміну А мають ті каротиноїди, до складу молекул яких входить кільце  $\beta$ -іонуна (3,4-дегідріонуна), зв'язане з аліфатичним ланцюгом, який містить систему супряжених подвійних зв'язків. Серед каротиноїдів найбільшу біологічну активність має  $\beta$ -каротин, який має два  $\beta$ -іонових кільця, а особливо його транс-ізомер [1].

Для мікробіологічного одержання каротину особливий інтерес представляють гетероталічні гриби порядку *Mucorales*: *Phycomyces blakesleanus* і *Blakeslea trispora* та зелена одноклітинна мікроскопічна водорість *Dunaliella salina*. Каротиноїди промислового біотехнологічного препарату з *Blakeslea trispora* представлені на 90 %  $\beta$ -каротином і на 10 % -  $\alpha$ -,  $\gamma$ -каротинами та лікопіном [1, 2].

Для глибинного культивування спільної культури продуцента *Blakeslea trispora* використовують рідке живильне середовище, що містить вівсяний гідролізат, 30 % глютену, що відповідає концентрації азоту 0,24 % і 2 % кукурудзяної олії в якості пеногасителя, рН середовища 6,95 [3].

На основі проведеного патентного пошуку запропоновано вівсяний гідролізат замінити на житній, який попередньо обробляється ферментними препаратами [2]. Житній гідролізат в поєднанні з глютенем, як джерелом азоту для продуцента *Blakeslea trispora*, забезпечують накопичення фізіологічно активної біомаси гриба. Кількість житнього гідролізату відповідає концентрації цукрів 1,5 % і 0,5 % [3].

Таким чином, запропоноване рідке середовище для глибинного культивування продуцента  $\beta$ -каротину *Blakeslea trispora* забезпечує економічно обґрунтований вихід  $\beta$ -каротину [2, 3].

Запропонована технологія може бути використана для промислового виробництва каротинмісткої біомаси гриба *Blakeslea trispora* [2].

### Література:

1. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов: пер. с англ. [Текст]: справ. изд. / Г. Бриттон. – М. : Мир, 1986. – 422 с.
2. Малигіна Ю.С. Біотехнологія виробництва бета-каротину : дипл. проект / Ю.С. Малигіна. – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – 105 с.
3. Патент МПК С12Р23/00 Способ получения каротинсодержащей биомассы гриба *Blakeslea trispora*. Пат. 9952 Украина, МПК5 С12 Р23/04. Способ получения  $\beta$ -каротина С.А. Васильченко и другие; № 94221632; заявл. 30.09.96 Режим доступа:

# **ВПЛИВ АЛЮМОВМІСНОЇ СИРОВИНИ НА ВЛАСТИВОСТІ РАДІОПРОЗОРОЇ КЕРАМІКИ, ОТРИМАНОЇ НА ОСНОВІ КОМПОЗИЦІЙ СИСТЕМИ $\text{BaO-ZnO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$**

**Білогубкіна К.В., Федоренко О.Ю.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Головні обтічники літальних апаратів (ЛА) захищають антенні блоки від впливу кліматичних і аеродинамічних чинників, сприймаючи основні теплові та силові навантаження при маневрах. З розвитком швидкостей і маневреності ЛА вимоги до обтічників значно зросли, оскільки температура на їх поверхні може підвищуватись до 2000 °С, а силові навантаження сягають 10 т. Тому дослідження, спрямовані на розробку радіопрозорих керамічних матеріалів із заданими властивостями є важливою задачею, вирішення якої сприятиме науково-технічному прогресу в галузях радіоелектроніки, електронної та аерокосмічної техніки.

Дослідження спрямовувались на отримання радіопрозоної кераміки цельзіан-вілемітового складу на основі композицій системи  $\text{BaO-ZnO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  з використанням альтернативних алюмовмісних сировинних матеріалів та визначення їх впливу на властивості виробів. Відповідно до задач досліджень розроблено маси з використанням металургійного глинозему Г-00 (серія I), мікронізованого глинозему СТ3000SDP (серія II) та гідроксиду алюмінію ГД-00 (серія III). Хімічний склад дослідних мас відповідає співвідношенню *цельзіан : вілеміт* = 1 : 1 при збереженні стехіометрії фаз. Для інтенсифікації спікання кераміки при температурі 1200 °С до складу мас вводили 2 мас. %  $\text{Li}_2\text{O}$  (зразки I<sub>L</sub>, II<sub>L</sub>, III<sub>L</sub>) або 1 мас. % добавки, склад якої відповідає евтектиці в системі  $\text{Li}_2\text{O-SnO}_2$  (зразків I<sub>E</sub>, II<sub>E</sub>, III<sub>E</sub>).

Зразки, відформовані напісухим пресуванням, піддавали двостадійній термообробці. На першій стадії (1200 °С) здійснюється формування заданого комплексу фаз ( $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  і  $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ ); на другій стадії (1200 °С) кераміка набуває максимального ступеня спікання (загальна поруватість 0,45 ÷ 1,74 %, уявна щільність 2800 ÷ 3000 кг/м<sup>3</sup>). Дослідження показали, що за електрофізичними властивостями ( $\epsilon = 2,08 \div 3,61$ ;  $\text{tg}\delta = (2 \div 8) \cdot 10^{-2}$ ) отримані матеріали задовольняють вимоги до РПМ щодо рівня діелектричних характеристик ( $\epsilon = 1 \div 10$ ,  $\text{tg}\delta < 10^{-2}$ ) та їх стабільності. Встановлено, що при використанні гідроксиду алюмінію значення  $\epsilon$  і  $\text{tg}\delta$  є найнижчими. Визначення межі міцності на стиск і твердості зразків показали, що найвищими показниками характеризується зразки, отримані з використанням металургійного глинозему. Введення інтенсифікаторів спікання (2 мас. %  $\text{Li}_2\text{O}$  (понад 100 %) знижує показники твердості і міцності кераміки серії I на ~45 %. Натомість ця добавка чинить позитивний вплив на фізико-механічні властивості кераміки III серії: міцність на стиск і твердість зразків збільшується на ~25 %. Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення у взаємозв'язку властивостей отриманих керамічних матеріалів з особливостями їх структури і фазового складу.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА СПІНЕНИХ ВИРОБІВ МЕТОДОМ ЕКСТРУЗІЇ

Близнюк О.В., Бризгіна Л.С., Хацинська А.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Метою науково-дослідницької роботи було дослідження спінених порофоров виробів з поліетилену, отриманих методом екструзії та дослідження процесу виробництва цих виробів.

Відмінність екструзії спінених полімерів полягає в потребі створення умов для введення спінювача, який разом із розплавом полімеру утворює в каналі екструдеру гетерогенну систему (одностадійна екструзія).

Нами використовувалась двостадійна екструзія спінених виробів, коли на першій стадії в екструдері розплавляється та гомогенізується полімерна композиція, що містить хімічний газоутворювач, температура розкладу якого має бути вищою, за температуру переробки в екструдері. З розплаву формується заготовка, що потім на другій стадії нагрівається до температури розкладу газоутворювача, при розкладі якого утворюється газ в середині матеріалу.

Зразки, згідно з рецептом, отримували у вигляді стренг в екструдері при температурі 110 – 120 °С. Спінювання зразків в кремнійорганічному маслі марки ПМС-1000 при температурі 200 °С впродовж необхідного для експерименту часу.

Рецептура: ПЕВТ – 100 масових частин, ЧХЗ-21 – 8 масових частин, стеарат цинку – 1,5 масових частин, стеаринова кислота – 1 масова частина.

Найбільший ступінь спінювання досягається за 4 – 4,5 хвилини, й відповідає значенню  $\alpha = 3,07$ , при густині зразка до спінювання 920 кг/м<sup>3</sup> та густині 301 кг/м<sup>3</sup> після спінювання. В цей момент в матеріалі знаходиться найбільша кількість газу, що утворилась при розпаді ЧХЗ-21. До 4-ої хвилини, газу утворилось ще недостатньо, а після матриця полімеру не здатна більше утримувати газ, і він виходить з матеріалу швидше ніж утворюється новий газ.

Додавання наповнювачу (крейда, аеросил) зменшує кратність спінювання. Оптимальним значенням додавання аеросилу можна вважати інтервал в 1 – 5 масових частин.

При додаванні порофору в обсязі 7 – 8 мас.ч. густина матеріалу складає близько 310 – 320 кг/м<sup>3</sup>. Ця густина була найменшим значенням, а отже найбільша кратність спінювання 2,9, однак комірочки розташовуються нерівномірно, не мають правильної форми, та сполучені одна з одною. Подальше збільшення долі порофору не збільшує кратність спінювання.

## ВПЛИВ КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ НА РЕОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ТЕРМІН ЗБЕРІГАННЯ КИСЛО-МОЛОЧНОГО МАСЛА ВЕРШКОВОГО

Бохонко Я.І., Близнюк О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Вершкове масло – цінний харчовий продукт, проте як і всі жири є нестійким в зберіганні. Тому важливе місце посідають питання збільшення термінів зберігання вершкового масла, а також покращення його споживчих характеристик, які досягаються розробкою технології харчових продуктів нового покоління із використанням біологічно активних добавок, що містять комплекс фізіологічно функціональних інгредієнтів, які виконують різні технологічні функції [1]. Доцільно застосовувати функціональні інгредієнти природного походження, серед яких особливе місце антиоксиданти, які сприяють подовженню терміну зберігання за рахунок уповільнення процесу вільно-радикального окиснення жирів. Запропоновано додавання як антиоксиданту сухого екстракту із бульб топінамбуру, одержаний за спеціальною технологією топінамбура: максимальною витягувальною здатністю характеризуються екстрагенти вода очищена та 20 % спирт етиловий, за подрібненості сировини 1 – 2 мм, співвідношення сировини та екстрагента 1 : 5, температурі екстракції 70 – 80 °С, часу екстракції 45 хв. Отриманий екстракт, висушений методом сублімаційної сушки, містить не менше 25 % суми полісахаридів (фруктозанів та фруктозидів). До того ж запропоновано застосування як закваски чисті культури молочнокислих бактерій *Lc. lactis*, *Lc. cremoris*, *Lc. lactis subsp. Diacetilactis* для отримання кисло-молочного масла вершкового. Дослідження реологічних властивостей вершкового масла з додаванням сухого екстракту із бульб топінамбуру показали, що масло пластичне, має оптимальну міцність та його структура носить переважно коагуляційний характер, оскільки після руйнування міцність структури відновлюється до 80 – 90 %. Змінюється дисперсність основних компонентів вершкового масла: у порівнянні з контрольним зразком кількість жирових кульок зростає на 1,5 %, при цьому їх середня площа зменшилась на 4,5 – 8,6 %, та зростає показник їх компактності на 4,5 і 7,0 %; середня площа частинок вологи у порівнянні з контролем, зменшилась на 15 – 16,8 %; кількість повітряних бульбашок зменшилась на 34,0 – 37,0 % та середній діаметр зменшився на 30,0 – 33,5 % [1].

Отже, теоретично обґрунтовано на основі аналізу літератури експериментально підтверджена доцільність використання як антиоксиданту природного походження сухого екстракту із бульб топінамбуру, дозволяє оптимізувати реологічні характеристики та збільшити терміни зберігання масла вершкового.

### Література:

1. Рашевская Т.А., Иванов С.В. Наноструктура и свойства функциональных видов сливочного масла с растительными добавками / Т. А. Рашевская, С. В. Иванов // Наносистемы, наноматериали, нанотехнології. – 2012. – Т. 10, № 3. – С. 575—594

## ВЗАЄМОДІЇ ПАРІВ ФТОРИСТОГО ВОДНЮ І ВОДИ З ФЛЮСАМИ

Брем В.В., Кожухар В.Я., Єпутатов Ю. М, Каверін А.Ю.

*Одеський національний політехнічний університет,  
м. Одеса*

Розглянуто вплив на захист навколишнього середовища застосування в процесах електрошлакового переплаву флюсів з мінімально можливим вмістом фторидів.

Для проведення термодинамічного аналізу взаємодії парів HF і H<sub>2</sub>O всіх флюсових систем по температурним залежностям стандартних змін енергії Гібса ( $\Delta G^{\circ}_T$ ) відповідних реакцій розраховувались за рівнянням:

$$\Delta G^{\circ}_T = \Delta H^{\circ}_{298} - 2,3 \cdot \Delta a \cdot T \cdot \lg T - \Delta b/2 \cdot T^2 - \Delta c/6 \cdot T^3 - \Delta d/2T + J_1 \cdot T,$$

де  $\Delta H^{\circ}_{298}$  – стандартна зміна ентальпії, яка відповідає реакції утворення при 298 К;  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ,  $\Delta c$ ,  $\Delta d$  – зміни постійних  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  в рівняннях температурних залежностей теплоємності простих речовин;  $J_1$ , – постійні коефіцієнти, які враховують зміну ентропії в температурних межах 1400...1800 °С.

В багато компонентних системах вміст вільного оксиду кальцію може істотно мінятися за рахунок створення стійких хімічних сполук, наприклад з SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>. Тому виникла необхідність зіставити вірогідність протікання основних реакцій шлакування, що мають місце при температурах, які розглядаються. У всіх випадках  $\Delta G^{\circ}_T$  цих реакцій має великі від'ємні значення, що свідчить про дуже велику рушійну силу взаємодій такого типу.

Значення зміни енергії Гібса і констант рівноваги різних реакцій порівнюються з відповідними характеристиками основних реакцій пірогідролізу флюсів  $(\text{CaF}_2)_{\text{фл}} + (\text{H}_2\text{O})_{\text{газ}} = (\text{CaO})_{\text{фл}} + 2(\text{HF})_{\text{газ}}$ . Зіставлення показало, що всі реакції приблизно до 1800 К мають  $\Delta G^{\circ}_T < 0$ . Тому для кожної системи було проведено розрахунок рівноважного складу газової фази над розплавами.

Результати розрахунку рівноважного складу газової фази для систем CaF<sub>2</sub> – CaO, CaF<sub>2</sub> – CaO – SiO<sub>2</sub>, CaF<sub>2</sub> – CaO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaF<sub>2</sub> – CaO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – SiO<sub>2</sub> при температурах 1673 – 2073 К свідчать про те, що з підвищенням температури газова фаза помітно збагачується фтористим воднем. Розгляд одержаних розрахунків показує, що найбільш різке зниження  $P_{\text{HF}}$  при різних вмістах оксиду кремнію відбувається з ростом вмісту оксиду кальцію. Графічне зображення дозволяє оцінити оптимальне співвідношення між фторидом і оксидом кальцію, яке забезпечує мінімальний вміст фтористого водню в рівноважній газовій фазі.

Розроблена методика вивчення рівноважної газової фази із водяної пари і фтористого водню в залежності від концентрації компонентів фторидно-оксидного розплаву. Для систем CaF<sub>2</sub> – CaO, CaF<sub>2</sub> – CaO – SiO<sub>2</sub>, CaF<sub>2</sub> – CaO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaF<sub>2</sub> – CaO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – SiO<sub>2</sub> за розробленою методикою вивчено рівноважний склад газової фази (HF і H<sub>2</sub>O).

Таким чином можна заключити, що розчинення водневмістних газів (HF і H<sub>2</sub>O) приводить до утворення форм (HF)<sub>фл</sub> і (OH<sup>-</sup>)<sub>фл</sub> у розплавах з додатковим у протона водневим зв'язком.

## РІВНОВАЖНИЙ СКЛАД ГАЗОВОЇ ФАЗИ ДЛЯ ФТОРИДНО-ОКСИДНИХ СИСТЕМ

**Брем В.В., Кожухар В.Я., Усатюк І.І., Каверін Ю.Ф.**

*Одеський національний політехнічний університет,*

*м. Одеса*

Вивчено, що великі значення константи рівноваги реакції  $(\text{MeF}_2)_{\text{фл}} + (\text{H}_2\text{O})_{\text{газ}} = (\text{MeO})_{\text{фл}} + 2(\text{HF})_{\text{газ}}$  з різними хімічно стійкими сполуками з  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ , ще не означає значно більше значення  $P_{\text{HF}}$ . Виходячи із того, що більш повне протікання пірогідролізу і, тим самим, підвищення вмісту HF в газовій фазі може впливати на підвищення концентрації фтористого водню, розчиненого у флюсі.

Результати розрахунку рівноважного складу газової фази для системи  $\text{CaF}_2 - \text{CaO}$  при температурах 1673 – 2073 К свідчать про те, що з підвищенням температури газова фаза помітно збагачується фтористим воднем. Результати були одержані при припущеннях і приближеннях величин  $\Delta H$ ,  $\Delta S$  і  $\lg K$  і всіх послідовуючих розрахунків брались по тим же довідковим таблицям.

За допомогою рівняння  $K = (a_{\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2} / a_{\text{CaF}_2} \cdot a_{\text{SiO}_2}) \cdot (P_{\text{HF}}^2 / P_{\text{H}_2\text{O}})$  для системи  $\text{CaF}_2 - \text{CaO} - \text{SiO}_2$  розраховано зміну рівноважного складу газової фази при заміні фториду кальцію на його оксид над розплавами з постійним вмістом оксиду кремнію – 15, 20, 25, 30, 35 %. Розгляд одержаних розрахунків показує, що в кожній серії розплавів зріст температури приводить до збагачення газової фази фтористим воднем. Найбільш різке зниження  $P_{\text{HF}}$  при різних вмістах оксиду кремнію відбувається з ростом вмісту оксиду кальцію. Графічне зображення дозволяє оцінити оптимальне співвідношення між фторидом і оксидом кальцію, яке забезпечує мінімальний вміст фтористого водню в рівноважній газовій фазі.

З використанням прийомів і допущень, які розглядалися нами раніше, для системи  $\text{CaF}_2 - \text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$  розраховано за рівнянням  $K = (a_{\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3} / a_{\text{CaF}_2} \cdot a_{\text{Al}_2\text{O}_3}) \cdot (P_{\text{HF}}^2 / P_{\text{H}_2\text{O}})$  зміну рівноважного складу газової фази при заміні фториду кальцію на його оксид над двома серіями розплавів з постійним вмістом в них оксиду алюмінію – 20, 25, 30, 35 і 40 %. Для якісної оцінки рівноважного складу газової фази над розплавами системи  $\text{CaF}_2 - \text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$  було вибрано співвідношення компонентів найбільш сприятливе з точки зору витрати оксидів, що взаємодіють, на утворення хімічних сполук, тобто  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2 = 1 : 2$ . При такому співвідношенні найбільш повно протікає пірогідроліз і максимально високого парціального тиску HF.

Для систем  $\text{CaF}_2 - \text{CaO}$ ,  $\text{CaF}_2 - \text{CaO} - \text{SiO}_2$ ,  $\text{CaF}_2 - \text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaF}_2 - \text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$  проведено вибір іонної системи, для якої складено рівняння рівноваги і розчинності водню в розплавах, а також складено загальне рівняння розчинності водню в фторидно-оксидних розплавах. Вони виражають залежність іонної долі іонів  $\text{H}^+$  від  $P_{\text{H}_2\text{O}}$  в рівноважній газовій фазі над розплавами і від його складу.

## ВПЛИВ ОБРОБКИ БЕЗЛУШПИННОГО ЯДРА СОНЯШНИКА ІМПУЛЬСНИМ ЕЛЕКТРИЧНИМ ПОЛЕМ (ІЕП) НА ВИХІД ОЛІЇ

Будьонна Т.О., Перевалов Л.І.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

На даний час при добуванні олії з насіння соняшника широко розповсюджується метод холодного пресування, який дозволяє отримати олію з нативними властивостями. Недоліком такого методу є недостатньо висока ступінь віджиму олії при низьких температурах, коли її якість найвища [1].

В зв'язку з цим, стає актуальним пошук методів обробки ядра перед пресуванням, який би дозволив збільшити вихід олії холодного віджим без підвищення температури. Одним з таких методів є обробка ядра соняшника методом ІЕП, який дозволив збільшити вихід екстракційної олії на 9,2% мас. [2].

Завданням роботи було вивчення можливості збільшення виходу олії при холодному пресуванні безлушпинного ядра за рахунок попередньої ІЕП-обробки. Досліди проводили в камері для ІЕП-обробки з об'ємом 42 см<sup>3</sup>, напруженістю поля 3 кВ/см з частотою 50 Гц та часом обробки 180 с. Оброблені зразки піддавалися пресуванню в гідравлічному пресі з модифікованою пліщільною камерою при стандартних режимах збільшення тиску та зніманні динаміки виходу олії. Досліди проводилися при температурах 20 та 50 °С.

Усереднені результати дослідів приведені в таблиці.

Таблиця – Вплив ІЕП-обробки на вихід олії при холодному пресуванні

Дослід	Температура пресування, °С	Тиск за манометром, кгс/см <sup>2</sup>	ІЕП-обробка	Вихід олії	
				Маса, г	% від загальної кількості олії в ядрі
1 – 3	20	0 – 347	+	23,44	82,78
4 – 6	20	0 – 347	–	22,84	75,53
7 – 9	50	0 – 347	+	26,41	91,77
10 – 12	50	0 – 347	–	25,99	88,05

З таблиці видно, що вихід олії при холодному пресуванні безлушпинного ядра при стандартних режимах тиску з попередньою ІЕП-обробкою збільшується. Вихід олії в результаті ІЕП-обробки збільшився при 20°С на 7,25%, а при 50°С на 3,72%.

### Література:

1. Гусева Д.А. Сравнительный анализ льняного масла трех вариантов холодного отжима / Гусева Д.А., Широинин А.В., Санжаков М.А., Прозоровская Н.Н. // Масложировая промышленность. – 2011. – № 6. – С. 30-32.
2. Шорсткий И.А. Совершенствование процесса экстрагирования масличных материалов на основе применения электрофизических воздействий: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.18.01 / Шорсткий Иван Александрович – Краснодар, 2016. – С.158

**NEGATIVE SOLVATION OF IONS IN SOLVENTS  
WITH A SPATIAL NETWORK OF H-BONDS**

**Bulavin V.I.<sup>1</sup>, V'yunyk I.M.<sup>2</sup>, Kramarenko A.V.<sup>1</sup>, Rusinov A.I.<sup>1</sup>, Volobuyev M.N.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*National Technical University "Kharkiv Polytechnical Institute",*

<sup>2</sup>*V.N. Karazin National University of Kharkiv,  
Kharkiv*

This report is devoted to the investigation of near solvation of singly charged ions with different in nature and composition. As is shown in [1], there is a correlation between deviation of translational (diffusion) displacement length ( $\bar{d}$ ) from the Stokes law ( $\bar{d} - r_i$ ) ( $r_i$  – structural radius of ion) and solvability of these ions according to Samoilov [2]. Parameter ( $\bar{d} - r_i$ ) has been offered as a quantitative measure of ions influence on translational exchange of water molecules of the nearest to ion environment on molecules in bulk water by authors [1]. The inequalities ( $\bar{d} - r_i$ ) < 0 or  $\bar{d}/r_i < 1$  has been recommended as a criterion for negative ion solvation, and ( $\bar{d} - r_i$ ) > 0 or  $\bar{d}/r_i > 1$  for positive one [1]. By Samoilov [2], the essence of negative solvation is that the bonds I-M are weaker than the bonds between the molecules (M-M), and for positive solvation – on the contrary.

In the present work values  $\bar{d}$  for 12 singly charged ions in monoethanolamine (MEA), ethylene glycol (EG) and methanol (MeOH) at 298,15 K based on the literature data on the mobility of these ions have been calculated. We used the author's technique [1] for these calculations.

The sign of the parameter ( $\bar{d} - r_i$ ) for these ions in MEA, EG and in water are given in the table. The sign "+" corresponds to positive solvation, the sign "-" corresponds to negative one.

Solvent	Li <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Rb <sup>+</sup>	Cs <sup>+</sup>	Me <sub>4</sub> N <sup>+</sup>	Et <sub>4</sub> N <sup>+</sup>	Bu <sub>4</sub> N <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	BPh <sub>4</sub> <sup>-</sup>
H <sub>2</sub> O [1]	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
MEA	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+
EG	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MeOH	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-

It is shown from the table that the ions Me<sub>4</sub>N<sup>+</sup> and Et<sub>4</sub>N<sup>+</sup> are solvated negatively and the cations Li<sup>+</sup> and Na<sup>+</sup> are solvated positively in all these solvents. For other ions sign of parameter ( $\bar{d} - r_i$ ) shows a positive or negative solvation. Therefore the difference ( $\bar{d} - r_i$ ) depended on nature and size of ion and structure of solvent.

As has been established in [1], parameter ( $\bar{d} - r_i$ ) describes a real behavior of an ion in the solution and identically characterizes the short-range solvation in the cases of both positively and negatively solvated ions.

**References:**

[1] Bulavin V.I., V'yunyk I.M., Lazareva Ya.I. Diffusion and microscopic characteristics of singly charged ion transfer in extremely diluted aqueous solutions // Ukr. J. Phys. – 2017. – Vol. 62, № 9. – P. 769-778.

[2] O.Ya. Samoilov Struktura vodnyh rastvorov jelektrolitov i gidratacija ionov. – USSR Acad. of Sciences Publ. – Moscow, 1957. – 179 p.



## **ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КОМПЛЕКСНИХ КУРСОВИХ ПРОЕКТІВ**

**Бухкало С.І.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Кафедра інтегрованих технологій, процесів та апаратів викладає понад 15 років нормативну дисципліну «Загальна технологія харчової промисловості» для студентів 3 та 4 курсів НТУ «ХПІ» Навчально-наукового інституту хімічної технології та інженерії – групи ХТ-46а та ХТ-46б. За цей час видано 15 підручників та навчальних посібників з грифом МОН України та ні, які забезпечують викладання дисципліни за усіма видами навантаження [1].

Для розробки перспективних інноваційних питань комплексних курсових проектів (ККП) студентів у 2018/2019 навчальному році нами обрані наступні напрямки: проведення експериментальних досліджень та розрахунків за комплексними методиками дослідження сировини та продуктів – сумісно розглядаються різновиди представлених матеріалів навчальних занять: теоретичні питання курсу – лекції, на яких засновані включені в підручники взаємозв'язані лабораторні роботи та багатоваріантні тестові завдання, наприклад, у вигляді розрахунків матеріальних балансів за сухими речовинами. Загальні відомості про об'єкти вивчення та предмет дисципліни, ціль навчання, вимоги до знань студентів мають інноваційне комплексне розвинення у всіх семестрах реалізації комплексного плану. У підручниках, навчальних посібниках та інших наших виданнях [2 – 4] за вищевказаною дисципліною, використовуються методологічні основи системного підходу до вивчення складних технологічних систем основних виробництв харчової промисловості за основними положеннями болонської системи навчання. Таким чином, при застосуванні комплексних навчальних занять відбувається формування і розвиток у студентів професійних компетенцій, що дозволяють їм виконувати інженерно-дослідницьку роботу з конкретними технологічними процесами. При виконанні індивідуальних завдань ККП студенти вивчають на практиці вплив технологічного режиму та інших факторів на ефективність проведення досліджуваного процесу, поглиблюють знання про нього, визначаються у виборі методів обробки результатів експериментальних досліджень, що відповідає вимогам інноваційної системи навчання.

### **Література:**

1. S. Bukhkalov, Yu. Byalskiy, O. Aheicheva, Zh. Derkunska. Distance Education Possibilities Analysis for Integrated Innovative Projects. International Journal of Engineering & Technology, 7 (4.8) (2018) 459–465.
2. S. Bukhkalov, I. Denysovets, Natalia Galagan, H. Dumenko. Intellectual Property as Complex Innovation Projects Component. International Journal of Engineering & Technology, 7 (4.8) (2018) 596–602.
3. Бухкало С.І. Комплексні властивості об'єктів інтелектуальної власності у системі компетентнісних розробок. XVI Міжнародна школа-семінар «Сучасні педагогічні технології в освіті», 30 січня – 1 лютого 2019 р.
4. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах та задачах (прикладні та тести). Підручник з грифом МОНУ: – Київ: Центр учбової літератури, 2018, – 108 с.

## **ДЕЯКІ ПИТАННЯ РОБОТИ ВІСНИКА НТУ «ХПІ» СЕРІЯ ІННОВАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У НАУКОВИХ РОБОТАХ СТУДЕНТІВ**

**Бухкало С.І.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Серія Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів Вісника НТУ «ХПІ» присвячена освітленню як загальних питань освіти студентів, так і вирішенню окремих науково-технічних проблем інтеграції процесів; енергоефективній реконструкції або модернізації складних хіміко-технологічних систем; дослідженню різновидів властивостей сучасних технологічних систем відповідно до вимог проектів, методи, моделі та системи їх математичного опису: варіативність завдання та результатів функціонування комплексних інноваційних проектів; урахування технологічних та інших особливостей процесів, які залежать від великої кількості факторів; розвиток ключових компетенцій, особливості інфраструктури, тип и стан усіх складових проекту. У серії представлені теоретичні та практичні результати наукових досліджень і розробок, які показують здатності фахівців до інноваційної діяльності, роботи виконані студентами і викладачами вищих навчальних закладів (ВНЗ), аспірантами і докторантами, науковими співробітниками, фахівцями організацій і підприємств [1, 2].

Серія Вісника НТУ «ХПІ» Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів працює з 2009 року, за цей час видано 16 збірників наукових праць. Журнал присвячено результатам наукової діяльності викладачів та наукових співробітників вищих навчальних закладів (ВНЗ), дослідженням особливостей технологічних, технічних і енергетичних інновацій сучасних інтегрованих систем, а також методам, моделям та системам їх математичного опису. Розглядаються також різновиди активізації компетентнісного підходу викладачів і студентів до розробок з інноваційного комплексного проектування студентів починаючи з 2 курсу і далі бакалаврат, магістратура, аспірантура, захист дисертації і т.і. У журналі надруковані за цей час ланцюжки вищевказаних робіт як для нашого так і інших ВНЗ України у співпраці. Результати наукових досліджень представлені вченими, фахівцями і студентами, як навчальних вузів, НАНУ та НДІ, так і виробничих підприємств багатьох областей України. При впровадженні нашої розробки в навчальний процес студентів отримані практичні результати – сприяння розвитку інтелектуальних і організаційних здатностей студентів, які загально сприяють інтенсивному розвитку науково-технічної творчості випускників та їх подальшому працевлаштуванню на комплексних інноваційних безвідходних підприємствах.

### **Література:**

1. Бухкало С.І., Іглін С.П., Главчева Ю.М., Мірошніченко Н.М. Можливості визначення компонентів складових комплексних проектів. 2018. – Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». № 40 (1316). – С. 46–52.
2. Бухкало С.І. Синергетичні моделі для екологічнобезпечних процесів ідентифікації-класифікації вторинних полімерів. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2018, – № 18 (1294), – с. 36–44.

## ВИСНОВКИ З ДІЯЛЬНОСТІ МАЙСТЕР-КЛАСУ

Бухкало С.І.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В НТУ «ХПІ» 30.01.19 р. на майстер-класі XVI Міжнародної школи-семінару «Сучасні педагогічні технології в освіті» за темами «Визначення та формування об'єктів інтелектуальної власності комплексних компетентнісних розробок» та «Intellectual property peculiarities in education competence system» проведені презентації *проф. Бухкало С.І. й доц. Агейчевою А.О.* для учасників конференції та студентів Навчально-наукового інституту хімічної технології та інженерії – групи ХТ-46а,б. Наша робота заснована на виборі основ і методів концепції комплексних інноваційних проектів з метою безперервного впровадження системи компетенцій у навчальний процес в обсязі однієї дисципліни, яка викладається на одній кафедрі (на базі курсового проекту та науково-дослідної роботи), а також в обсязі декількох спеціальних дисциплін, які викладаються на одній кафедрі. При проведенні проектування студенти отримали глибокі знання з курсів та навички до проведення самостійної наукової роботи. Виявлені резерви співробітництва з подальшого визначення та формування об'єктів інтелектуальної власності комплексних компетентнісних розробок пов'язані із впровадженням у навчальний процес партнерських міжвузівських відносин, які дозволяють одержати позитивні результати: зростання видів, якості й кількості інтелектуальної інноваційної продукції у вищих навчальних закладах; зростання видів, якості й кількості розроблених і реалізованих на практиці інновацій у галузі нових розв'язках. Сумісно зі студентами готується до публікації 3 різновиди об'єктів інтелектуальної власності, які демонструють теоретичні та практичні результати наукових досліджень та розробок, показують здатність майбутніх фахівців до інноваційної діяльності.

Висновки: необхідність оновлення методів, приладів та обладнання для дослідження і аналізу у межах комплексних інноваційних проектів, які є основним фактором визначення обсягу та виду об'єктів інтелектуальної власності для реалізації отриманих експериментальних результатів з урахуванням розроблених нами алгоритмів. В цілому інноваційні методи роботи зі студентами проводилися з метою підвищення затребуваності та конкурентоспроможності випускників на ринку праці, а також інноваційного розвитку статусу «Дослідницький університет» НТУ «ХПІ».

### Література:

1. S. Bukhkalov, Yu. Byalskiy, O. Aheicheva, Zh. Derkunska. Distance Education Possibilities Analysis for Integrated Innovative Projects. International Journal of Engineering & Technology, 7 (4.8) (2018) 459–465.
2. S. Bukhkalov, I. Denysovets, Natalia Galagan, H. Dumenko. Intellectual Property as Complex Innovation Projects Component. International Journal of Engineering & Technology, 7 (4.8) (2018) 596–602.

## **COMPLEX PROJECTS DEVELOPMENT PROBLEMS**

**Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O.\***

*National Technical University «Kharkiv polytechnic institute»,  
Kharkiv*

*\*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University,  
Poltava*

Our complex projects development is based in NTU "KhPI" in 2009 based on the general background of innovative projects concept in order to implement the system of competences into educational process. To the general problem issues of the master class in 2019 «Definition and formation of complex competence development intellectual property objects» [1] include: updating identification and analysis methods, devices and equipment for research within integrated innovation projects, which is the main factor determining the scope and type of intellectual property objects for realization of the experimental results obtained taking into account the algorithms determined by us. When implementing our development, the practical results in the educational process are obtained as the promotion of the intellectual and organizational capabilities of students who form the skills of independent, organizational and collective activities is competence, communication skills, creativity and leadership personality, which generally contribute to the intensive development of scientific and technical creativity of graduates.

Reserves of cooperation for the further identification and formation intellectual property objects of complex competency development are connected with the introduction into the educational process of partner interuniversity relations which enable to obtain positive results: types growth, quality and quantity of intellectual innovative products in higher educational establishments; quality and quantity of innovations developed and implemented in practice in the field of new design and technological solutions. Examples of innovative complex projects are developed based on directions and methods of design technology improvement, taking into account the conducted complex experiment and calculations in the course of performing laboratory and practical disciplines. The implementation of innovative complex projects was carried out within the range of disciplines in accordance with the curricula for students of different faculties and universities [1, 2]. Over 9 years implementation integrated design in the series «Innovative research in students' scientific work» of the Bulletin of NTU «KhPI» on innovative issues of projects published more than 40 articles by project leaders and compatible articles with students from different universities, courses and faculties [1 – 3]

### **References:**

1. Bukhkalov S.I. Intellectual Property Objects Complex Properties in the Competency Developments System. XVI International school-seminar "Modern pedagogical technologies in education" January 30 - February 1, 2019.
2. Bukhkalov S.I., Iglina S.P., Hlavcheva Y.M., Miroshnichenko N.M. Possibilities of determining the components of composite projects. 2018. Bulletin of the NTU "KhPI". – Kh. : NTU "KhPI". No. 40 (1316). – pp. 46–52.
3. Bukhkalov S.I. Synergetic processes of utilization-modification of polymeric solid particles. Bulletin of the NTU "KhPI". - Kh. NTU "KhPI". 2017, - No. 41 (1263), – pp. 17–27.

## ЗБІЛЬШЕННЯ ВИДОБУТКУ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ В УМОВАХ НИЗЬКИХ ПЛАСТОВИХ ТИСКІВ ХРЕСТИЩЕНСЬКО- ЄФРЕМІВСЬКОЇ ГРУПИ РОДОВИЩ

Варавіна О.П.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В роботі розглянуто можливості збільшення потенційного видобутку конденсату з родовищ Хрестищенсько-Єфремівської групи та Розпашнівського ГКР.З метою оцінки додаткової ефективності інвестицій використаних для реконструкції Хрестищенської ДКС виконано розрахунки технологічних показників розробки родовищ у двох варіантах за умов газового режиму розробки родовища: I базовий – з постійним вхідним тиском ДКС 0,6 МПа, II інвестиційний – поступове зниження тиску на вході в ДКС з 0,6 до 0,2 МПа) згідно роботи.

На даний час газ із цих родовищ подається на Хрестищенську ДКС, що дозволяє знизити робочі тиски на гірлах свердловин і відповідно збільшити поточні відбори газу та конденсату, коефіцієнт газовилучення в цілому за рахунок загального пониження вхідного тиску на ДКС з 0,6 до 0,2 МПа. На 01.01.2031 року сумарний приріст видобутку газу із дев'яти родовищ Хрестищенсько-Єфремівської групи за рахунок поступового зниження тиску на вході в ДКС, яке забезпечується роботою компресорних агрегатів нового цеху за III інвестиційним варіантом відносно базового варіанту УкрНДІгаз становитиме – 6228 млн. м<sup>3</sup>.

Аналіз розрахунків потенційного видобутку конденсату показав, що в цілому по родовищах, працюючих на вхід нової Хрестищенської ДКС за інвестиційним варіантом розробки (III інвестиційний варіант порівняно з базовим варіантом) буде видобуто в період з 2015 по 2031 рік на 1 305 тис. тон більше.

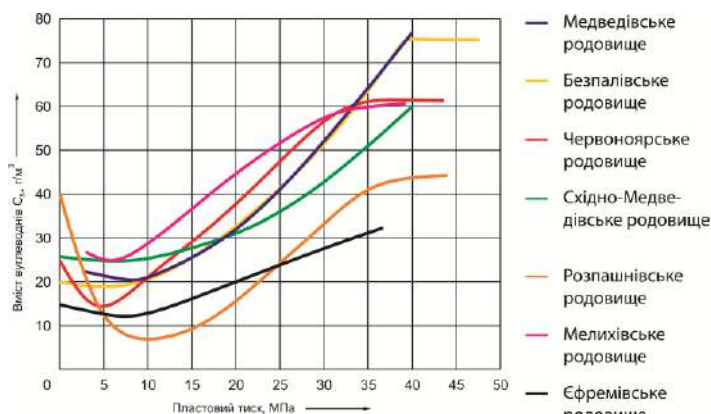


Рис. 1. - Динаміка вмісту вуглеводнів C5+

На Розпашнівському родовищі спостерігається найбільш-«крута» (рис. 1) характеристика потенційного видобутку конденсату як до точки максимальної конденсації, так і в лівій її частині. Враховуючи, що на останньому родовищі поточний пластовий тиск нижчий тиску максимальної конденсації, очікується подальше збільшення фактору) на Розпашнівському

видобутку конденсату (газоконденсатного газоконденсатному родовищу).

## МЕТОДОЛОГІЯ ПРОЕКТУВАННЯ КАТАЛІТИЧНИХ НЕЙТРАЛІЗАТОРІВ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ

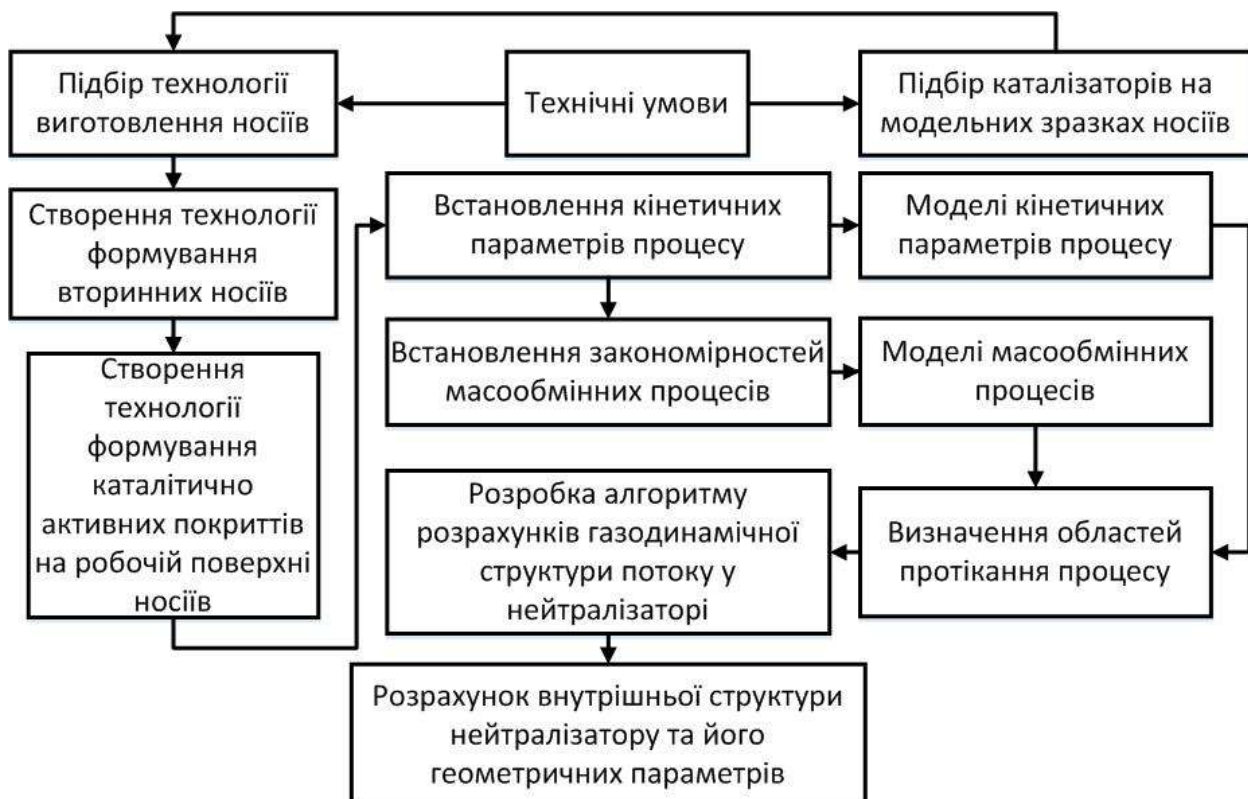
Ведь В.Є., Гавенко Л.Р., Рудько Т.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Приріст населення в більшості країн світу, підвищення загального рівня життя приводить до посилення технічного оснащення різних соціальних сфер та створенню нових виробництв – удосконалюється та поширюється випуск й функціонування різних теплоенергетичних установок, теплових електростанцій, хімічних підприємств, двигунів внутрішнього згоряння різного призначення, з'являються сміттєпереробні комплекси. Збільшення кількості різних енергетичних агрегатів приводить до додаткового утворення шкідливих викидів, котрі справляють значне негативне навантаження на екологічний стан навколишнього середовища та на здоров'я населення. Через це пошук рішень проблеми зменшення техногенного тиску на людину й навколишнє середовище набуває першорядного значення.

Найбільш перспективним та ефективним засобом очистки газових викидів є каталітична нейтралізація. Про те промислове виробництво каталітичних нейтралізаторів відхідних газів дуже затратне і потребує подальшого удосконалення, бо відсутнє наукове обґрунтування принципів розробки ефективного газоочисного обладнання.

Нами розроблено методологію проектування елементів та конструкцій каталітичних нейтралізаторів шкідливих газових викидів рішенням сукупності матеріалознавчих, кінетичних й масообмінних задач (схема).



## **ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ЦЕМЕНТНИХ ЗАВОДІВ ЯК ШЛЯХ ДО ЗНИЖЕННЯ ЇХ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ**

**Власенко В.В., Цвіркун Д.О., Кривільова С.П.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Виробництво в'язучих вносить істотний внесок у забруднення біосфери. Світова цементна промисловість щорічно викидає в атмосферу понад мільйон тонн оксидів азоту і величезну кількість  $\text{CO}_2$ , істотно погіршуючи стан природних екосистем на всіх континентах. Околиці цементних заводів в усьому світі перетворюються у мляві жовтуваті-сірі пустелі, а атмосферне повітря запилюється у радіусі до 3 км і більше. Токсиканти, що накопичуються в верхньому шарі ґрунтів, тривалий час становлять небезпеку для популяцій будь-яких живих організмів.

Цементні заводи, що виробляють цемент мокрим способом відносять ще й до найбільш водомістких виробництв в промисловості будівельних матеріалів. Значна кількість шламу, що накопичується, має бути включена в процес рециклінгу на цьому типі виробництва.

Ціллю роботи є розробка концепції екологізації технологічних комплексів цементних заводів і вибір основних її ланок.

Найбільш активними джерелами утворення пилогазової суміші на цементних заводах є транспортно-розвантажувальні пристрої, барабани для сушки, дробарки, млини і особливо – обертові печі для випалення клінкеру, запиленість, в яких досягає  $100 - 120 \text{ мг/м}^3$  (при фоновій запиленості  $1,7 - 1,9 \text{ мг/м}^3$ ).

Нинішній рівень екологізації технологічних процесів на цементних заводах ще є недостатнім для повного запобігання викидів. Тому на українських підприємствах будіндустрії повсюдно використовуються різноманітні методи очищення пилогазових викидів, що відходять, і удосконалюються апарати для їх очищення. Але з точки зору поглядів на майбутнє ніякі, навіть найдосконаліші, апарати пилогазоочистки не мають перспектив.

Найбільш радикальною мірою захисту прилеглих до цементних заводів територій і повітряного басейну є екологізація технологічних процесів і створення замкнутих технологічних циклів, а саме кардинальне пилеподавлення замість очистки викидів від пилу, впровадження рециклінгу замість накопичення шламу. Необхідно також передбачати (як і в міжнародній практиці [1]) обов'язковий екологічний супровід процесу виробництва цементу задля оцінки інтенсивності його негативного впливу на довкілля і більш точного встановлення енергозатрат на всіх стадіях.

Таким чином, ефективне пилеподавлення і рециклінг відходів у вигляді шламу є основними ланками екологізації технологічних комплексів цементних заводів, які виробляють цемент мокрим способом.

### **Література:**

1. ISO 14040: 2006. Environmental management - Life cycle assessment. – Published in Switzerland: ISO. – 20 p.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРИСТОГО ОКСИДУ НІОБІЮ

Водолажченко С.О., Ляшок Л.В., Гомозов В.П., Дерибо С.Г.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Пористий оксид ніобію, сформований за допомогою електрохімічного методу, може мати аморфну або кристалічну структуру і бути використаний для створення композиційних матеріалів [1].

Робота присвячена вивченню ролі складу електроліту і режиму анодування в формуванні фізико-хімічних властивостей пористого оксиду ніобію.

Як електрод використовували ніобієву фольгу товщиною 0,1 мм, чистотою 99,99 %. Зразки хімічно полірували протягом 5 – 10 с при кімнатній температурі (20 – 25 °C) в розчині наступного складу:  $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{HNO}_3 : \text{HF} = 5 : 2 : 2$ . Оксидні плівки формували у розчинах 1 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$  з додаванням HF (0,1 М; 0,25 М; 0,5 М; 1 М).

Дослідження фізико-хімічних властивостей оксиду ніобію, одержаного в різних електролітах, проводили методом імпедансної спектроскопії з використанням діаграм Боде. Вони являють собою комбінацію двох графіків: частотної залежності модуля імпедансу  $|Z|$  і частотної залежності фазового кута  $Q$ . Імпедансні вимірювання виконували за допомогою моста змінного струму Р5083 в діапазоні частот 0,021 – 100 кГц з платиновим протиелектродом, площа якого в декілька разів перевищувала площу робочого електрода. Робочий і допоміжний електроди розташовували коаксимально (ніобієвий всередині платинового на загальній осі). Експериментальні дані були оброблені за допомогою програми EIS Spectrum Analyser. Оскільки анодні оксидні плівки на ніобії складаються з двох частин – внутрішнього тонкого бар'єрного шару і зовнішнього пористого, для моделювання межі розділу електрод / електроліт була використана еквівалентна електрична схема, що зазвичай застосовується для опису імпедансних спектрів двошарових оксидних покриттів.

Опір пористих плівок, сформованих в електролітах, що містять фторид-іони, менше на порядок, ніж у бар'єрних плівок. Значення ємності бар'єрного шару навпаки зменшується з підвищенням напруги анодування, вказуючи на збільшення товщини оксиду. Таким чином, використання електрохімічного моделювання дозволило виділити і розрахувати в досліджуваних анодних оксидах ніобію електричні параметри, які відповідають різним верствам покриття, вивчити особливості структури синтезованих оксидних плівок на ніобії.

### Література:

1. Yoo J.E., Park J., Cha G. et al. Micro-length anodic porous niobium oxide for lithium-ion thin film battery applications // Thin Solid Films. – 2013. – Vol. 531. – P. 583–587.



## **ПІДХОДИ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ ІНТЕРЛЕЙКІНУ-10 ЛЮДИНИ (hIL-10)**

**Ворфоломєєва В.І., Клімова О.М., Огурцов О.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Сучасна біотехнологія здатна забезпечувати синтез цільових продуктів із заданими властивостями, високим виходом та відповідним ступенем їх очищення. Ці продукти можна використовувати для корекції порушень механізмів в організмі людини.

Захворювання запального характеру залишаються однією з актуальних проблем сучасної медицини. 50 – 60 % усіх клінічних випадків відносять до захворювань запального типу, серед яких запалення дихальних шляхів, серцево-судинної системи, патологічні алергічні реакції та захворювання аутоімунного генезу. Сьогодні велика кількість аутоімунних та запальних патологій пов'язані з багатьма факторами серед яких виділяють дефіцит або аберантну експресію протизапальних цитокінів, зокрема інтерлейкіну-10.

У деяких випадках для їх ефективної корекції необхідне застосування екзогенного інтерлейкіну-10 [1]. Саме тому виникла необхідність в отриманні його біотехнологічним шляхом.

У роботі розглянуто три технології одержання інтерлейкіну-10 людини, дві з яких відносять до рекомбінантних. Дуже важливим є підбір продуцента, правильний вибір методу перенесення гену hIL-10 у клітину-продуцент, а також визначення оптимальних умов проведення процесу. Хоча в даний час створено і описано багато систем експресії, які можуть бути використані у якості продуцентів hIL - 10, сьогодні більшість рекомбінантних білків, включаючи hIL-10, отримують у прокаріотичних системах експресії з використанням клітин-продуцентів *Escherichia coli* [2].

Визначено, що для синтезу hIL-10 оптимальним варіантом є створення системи експресії на основі продуцента *E. coli* BL21 (DE3) і плазмідного вектора pTRX-hIL-10, що продукує високу кількість цільового білка – 10 мг/л. Плазміда містить сильний промотор T7 і оптимізовану послідовність ініціації трансляції, що сприяють ефективній та стабільній експресії рекомбінантних білків у прокаріот. Високий рівень синтезу інтерлейкіну-10 досягається шляхом 35 циклів ПЛР ампліфікації відповідного гена.

Перспективним напрямком для наступних досліджень є визначення біодоступності та безпечності даного цільового продукту для організму.

### **Література:**

1. Blanco P. Dendritic cells and cytokines in human inflammatory and autoimmune diseases / P. Blanco, A. K. Palucka, V. Pascual, J. Banchereau // Cytokine Growth Factor Reviews. – 2008. – № 19. – P. 41 – 52.
2. Grant CN 1306030C Chinese, Human interleukin-10 gene sequence and E. coli containing the said gene sequence / 徐安龙 吴文言 杨红 彭立胜 钟肖 梁东 卫剑文 杨文利. ; 中山大学. – Pr. d. 28.09.2001 ; ap. 09.04.2003.

## ВИКОРИСТАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ТА БІОСЕНСОРНИХ ТЕСТ-СИСТЕМ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ПІДБОРУ ФАРМПРЕПАРАТІВ

Ворфоломєєва В. І., Клімова О. М., Божков А. І.

*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут»,*

*НДІ Біології національного університету ім. В. Н. Каразіна,*

*м. Харків*

Успіхи сучасних наукових досліджень в галузі біотехнології дозволяють вивчати молекулярні механізми розвитку багатьох захворювань, однак можливість оцінки індивідуальних реакцій пацієнта на терапевтичний вплив фармпрепаратів все ще досить обмежена. Потреби різних галузей біотехнології, медичної діагностики, лікування та профілактики захворювань висувають комплекс задач, пов'язаних з розробкою біопрепаратів, що мають протизапальні властивості та застосуванням високочутливих та специфічних методів оцінки для виявлення різних речовин у зразках та підбору індивідуальних доз препаратів.

Основним завданням дослідження було визначення концентрації інтерлейкіну-10 та деяких прозапальних цитокінів, а також рівня можливої цитотоксичності культурального середовища за допомогою біосенсору на основі культури одноклітинної зеленої водорості *Dunaliella viridis* та різних діагностичних тестів.

В ході досліджень було проведено оцінку можливої цитотоксичності контрольних нормальних сироваток та сироваток збіднених або збагачених інтерлейкіном-10 з аутоімунними, або імунодефіцитними компонентами за допомогою клітинної тест-системи *Dunaliella viridis*, що реагує морфофункціональними змінами на різноманітні цитотоксичні фактори та методу визначення концентрації пептидів середньої молекулярної маси. Визначено наявність інтерлейкіну-10 та супутніх прозапальних цитокінів у зразках. Приведені методи та одержані за їх допомогою результати можна використовувати для індивідуального підбору фармпрепаратів з урахуванням особливостей порушень функцій імунітету.

### Література:

1. Новые возможности выявления цитотоксических сывороточных факторов с помощью клеточного биосенсора у больных с неотложными хирургическими состояниями : матеріали ХХІ з'їзду хірургів України (Запоріжжя, 5-7 жовтня 2005 р.) / М-во охорони здоров'я України, Академія медичних наук України. – З. : Асоціація хірургів запорізької області, 2005. – С. 440 – 441.
2. Патент № 08958 Україна, G01N33/15, C12Q1/04, C12M1/34. Спосіб біосенсорної індикації цитотоксичних факторів біологічної і хімічної природи / Клімова О. М., Божков А. І., Бойко В. В., Кордон Т. І., Дроздова Л. А., Лавінська О. В. – Заявл. 28.08.2009; Опубл. 10.03.2010, Бюл. № 5.

## HEAT PUMP MODELLING

**Wysochin V.V., Nikulshin V.R., Denysova A.E.,  
Abdullah Ahmed., Van Veiljan**  
*Odessa National Polytechnic University,  
Odessa*

For optimization of regimes and structure of a heat supply heliosystem with the ground accumulator of heat and heat pump (HP) it is necessary to have a method of a power consumed estimation by a HP.

Results of optimization essentially depend on a way of processes modeling in a power supply system within the limits of the chosen method of calculation. Usually are applied two methods: so-called thermodynamic Karno based on a return cycle, and experimental, with use of the results of real installations tests. The first way is not the full proved, besides it has qualitative character. The second, having high reliability, has a number of lacks, as its parametrical limitation of represented data and a way of their representation – usually graphic that is complicated for their application in analytical researches and optimization. Therefore is a necessity to develop the mathematical model well adapted for a wide spectrum of analytical applications

It is considered HP which a structure consists of following elements: evaporator, compressor, condenser and a throttle. For investigation of functional tie between defining parameters of HP the mathematical model of the processes in the considered device has be developed. The model is based on definition the areas of zones of boiling and an overheat in the evaporator, and also zones of cooling and condensation in the condenser with use of dimensionless specific thermal loadings of heat exchangers. The system of the equations of considered model includes enthalpy balances of HP cycle and the equations of heat transfer in the evaporator and the condenser. The stable work of heat exchange elements HP within the limits of model is provided with the compressor which productivity and difference of pressure should correspond to an outlet steam of the working agent formed as a result of boiling. As the working agent has been chosen cool agent R–12.

Results of investigations can be given as a formula for coefficient of performance

$$COP = 0,01 \cdot \exp\left(7,3501 \frac{T_e}{T_c}\right) + \left(0,5219 \frac{T_e}{T_c} - 0,3919\right) \frac{\tau_1}{\tau_1^n}.$$

Where  $T_e$  – boiling temperature in the evaporator,  $T_c$  – condensation temperature in the condenser,  $\tau_1^n$  – temperature of a heat source for nominal conditions,

$\tau_1$  - current temperature of a heat source.

This formula is the base for seeking the rational operating modes and schemes of heat supply systems which include a HP.

## **ФОТОКАТАЛІТИЧНА ДЕЗІНТЕГРАЦІЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН**

**Галак О.В., Матикін О.В., Меньшов С.М., Сахненко М.Д.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В роботі розглянуто комплекс питань, пов'язаних з необхідністю вирішення нагальних викликів сьогодення, зумовлених зростанням техногенного навантаження на довкілля. Існує чимало джерел хімічної небезпеки, зокрема через неконтрольоване поширення і застосування хімічної зброї, а значні обсяги накопичених отруйних речовин несуть загрозу, обумовлену труднощами їх надійного зберігання. Це можуть бути терористичні акти, агресія з боку неконтрольованої світовою спільнотою держави, супутні або зумисні аварії на хімічних підприємствах, тощо. Так, у вересні 2018 року через порушення технології на підприємстві “Кримський титан” було здійснено викид та хімічне забруднення значної території з подальшим розповсюдженням хмари сульфур(VI) оксиду. З огляду на вищенаведене в ряд першочергових постає завдання зі створення безпечних умов функціонування стаціонарних і мобільних об'єктів цивільного та військового призначення. Існуючі фільтровентиляційні системи (ФВУ), створені десятки років тому, не захищають повною мірою від впливу небезпечних хімічних речовин (НХР). Перспективними для розв'язання такого завдання вбачається застосування фотокаталітичного розкладання токсикантів, оскільки фотокаталітичні очищувачі вже увійшли в повсякденний побут для очищення повітря від шкідливих органічних забруднювачів, бактерій і вірусів, цвілевих грибів та ін.

Адаптація відомих технічних розв'язків до потреб ЗСУ перебрала комплекс теоретичних і експериментальних досліджень [1] стосовно обґрунтованого вибору модельних НХР, створення вискоєфективного фотокаталітичного матеріалу з високою селективністю, визначення робочих характеристик УФ-опромінювачів, їх реалізацію в формі виробів, нечутливих до динамічних навантажень, опрацювання технічних рішень щодо конструкцій дезінтеграторів, налаштування їх інтерфейсу до існуючих ФВУ та ін.

За результатами попередніх досліджень [2] було сформульовано робочу гіпотезу щодо вибору способів синтезу фотокаталітичних матеріалів, обґрунтовано способи підвищення їх ефективності та селективності. Результати лабораторного тестування довели адекватність розв'язків поставленим завданням розробки.

### **Література:**

1. Галак О. В. Пропозиції щодо подальшого вдосконалення засобів колективного захисту за досвідом антитерористичної операції / О. В. Галак, Г. В. Каракуркчі, М. Д. Сахненко, М. В. Ведь // Збірник наукових праць Військової академії (м.Одеса). – 2017. – № 2 (8). – С. 15-19.
2. Сахненко М. Морфологія і властивості покривів змішаними оксидами титану і перехідних металів в/ М.Сахненко, І. Степанова, О. Галак, С. Меньшов, О. Матикін // Спецвипуск журналу «Фізико-хімічна механіка матеріалів». – № 12. – Львів: ФМІ, 2018.- С.73– 78

# ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ МОЛОКА ТВАРИННОГО ТА РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕНЬ В БІОТЕХНОЛОГІЇ СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО

Галушко А.С., Варанкіна О.О., Огурцов О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Предметом дослідження (сировиною в біотехнології сиру кисломолочного) було коров'яче, козине та соєве види молока. У ході дослідження проведено визначення органолептичних та фізико-хімічних показників якості вихідної сировини.

Серед показників, що визначали органолептичними методами аналізу, були наступні: консистенція та зовнішній вигляд, смак та запах, колір. За консистенцією та зовнішнім виглядом усі три види молока представляли собою однорідну рідину без осаду, пластівців білку та грудочок жиру; смак та запах чисті без сторонніх запахів, молоко мало специфічні присмаки, характерні для кожного виду. Колір сировини різнився: для коров'ячого та козиного видів молока – білий, рівномірний за всією масою; для соєвого молока – біло-кремовий, рівномірний за всією масою.

Фізико-хімічні показники якості молочної сировини представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні показники якості молочної сировини

Сировина	Масова частка жиру, %	Масова частка сухої речовини, %	Титрована кислотність, °Т	pH	Густина, кг/м <sup>3</sup>
Коров'яче молоко	2,5	11,8	16	6,68	1027
Козине молоко	2,5	11,9	18	6,62	1029
Соєве молоко	2,1	9,37	5	7,92	1025

Отже, для виробництва сиру кисломолочного, враховуючі органолептичні та фізико-хімічні показники якості, при додаткових мікробіологічних дослідженнях можна використовувати поряд із молоком тваринного походження (коров'яче, козине) рослинне соєве молоко. Проте, додатково необхідно дослідити процес сквашування сировини рослинного походження.

## Література:

1. Галушко А. С. Дослідження біотехнології виробництва сиру кисломолочного : дипл. робота // А. С. Галушко – Харків, 2018. – 95 с.

## **ЗАГАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ КОМПЛЕКСНИХ ПРОЕКТІВ**

**Главчева Ю.М., Бухкало С.І.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

До розробки перспективних питань об'єктів інтелектуальної власності комплексних проектів зі студентами за обраними цілями [1 – 3] входять наступні напрямки розвитку вказаних об'єктів: включення отриманих результатів дослідження у вигляді статей та тез конференцій з метою підвищення їх впливу в середовищі світових наукових комунікацій, забезпечення їх відповідності міжнародним стандартам та ін. Необхідно звернути увагу на визначення переліку заходів комплексного впровадження з метою забезпечення конкурентоспроможності видань в Україні і у світі з урахуванням інформації щодо вимог до змісту, складу редакційної колегії, оформлення традиційної та електронної версій наукових періодичних видань для забезпечення відповідності змісту та оформлення журналів вимогам міжнародних стандартів та стандартів України [4].

Слід підкреслити, що оновлені вимоги до наукових фахових видань мають складові: 1. Для періодичних друкованих наукових видань – наявність свідоцтва про державну реєстрацію засобу масової інформації із загальнодержавною та (або) зарубіжною сферою його розповсюдження. Для періодичних електронних наукових видань – наказ засновника про утворення електронного наукового періодичного видання. 2. Отримання ISSN-номера, що використовується для ідентифікації друкованого та/або електронного періодичного видання та дотримання заявленої періодичності. 3. Присвоєння кожному опублікованому матеріалу міжнародного цифрового ідентифікатора DOI (digital object identifier). 4. Наявність web-сайта видання з українським та англійським інтер-фейсом або web-сторінки видання на web-сайті засновника зі спеціальною інформацією та алгоритмом. 5. Розміщення на платформі «Наукова періодика України» в Національній бібліотеці України імені В. І. Вернадського НАН України та в Національній репозитарії академічних текстів у разі відкритого доступу електронних копій видання. 6. Забезпечення незалежного рецензування поданих до публікації матеріалів. 7. Особливі вимоги висуваються до складу редакційної колегії видання. 8. Видання повинно бути включене до профільних міжнародних науково-метричних баз даних, перелік яких рекомендований МОН.

### **Література:**

1. Бухкало С.І., Іглін С.П., Главчева Ю.М., Мірошніченко Н.М. Можливості визначення компонентів складових комплексних проектів. 2018. – Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». № 40 (1316). – С. 46–52.
2. Bukhkalov S.I., Klemes J.J., Tovazhnyanskyy L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, 2018, 70, pp. 2047–2052.
3. Бухкало С.І. Комплексні властивості об'єктів інтелектуальної власності у системі компетентнісних розробок. XVI Міжнародна школа-семінар «Сучасні педагогічні технології в освіті», 30 січня – 1 лютого 2019 р.
4. Методичні рекомендації з редакційної підготовки наукових журналів для редакційних колегій наукових видань НТУ «ХПІ» / уклад.: Главчева Ю.М., Обухова Г.Б., Безменов М.І. – Харків: НТУ «ХПІ», 2018. – 40 с.

## **ДЕЯКІ ВЛАСТИВОСТІ СКЛАДОВИХ ОБ'ЄКТІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ КОМПЛЕКСНИХ ПРОЕКТІВ**

**Главчева Ю.М., Бухкало С.І., Іглін С.П., Мірошніченко Н.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Подовжена розробка проблемних питань для об'єктів інтелектуальної власності комплексних проектів (ІВКП) зі студентами за обраними напрямками [1, 2]. На часі активізувати напрацювання з медіадидактики вищої школи, оскільки «дидактика – частина педагогіки, що обґрунтовує і розкриває зміст освіти, методи і організаційні форми навчання». Аналіз останніх досліджень і публікацій з проблеми засвідчує необхідність використання поряд з традиційними об'єктами ІВКП прискореного темпу упровадження об'єктів медіаосвітніх технологій у ВНЗ. Тобто це не тільки консультації, а також шлях ознайомлення студентів із власними інноваційними напрацюваннями – важливий засіб формування дослідницьких і пізнавальних компетентностей – це розвиток компетентностей особистісних («спеціалізовані» блоги, сайти періодичних видань, сторінки в інтернет-мережі і т.і.). При цьому формується і самоосвітня компетентність, розвивається соціальна компетентність (перш за все, розуміння своєї ролі в об'єктах навчально-виховного процесу). Використання медіазасобів у навчанні майбутніх економістів, редакторів, юристів може суттєво відрізнятись за різновидами складових ІВКП, наприклад у порівнянні з різновидами для інженерів-технологів хімічної, нафтогазової, харчової та інших галузей промисловості. Це також потребує спеціальних знань з науково-технічного перекладу, особливі авторські методики необхідно пропонувати для інженерів комп'ютерних наук.

Доцільно зазначити, що розширення інформаційно-навчальних ресурсів стає можливим завдяки наявності ресурсо-інформаційної бази в он-лайн бібліотеках. Це є одним з пріоритетних напрямків діяльності науково-технічної бібліотеки НТУ «ХПІ»: створення власних електронних ресурсів та їх інтеграція до зовнішніх інформаційно-аналітичних систем. Найбільш популярними серед користувачів є електронний репозитарій Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (<http://repository.kpi.kharkov.ua>), повнотекстові бази даних та електронний каталог (<http://library.kpi.kharkov.ua>). Доступність електронних ресурсів в мережі забезпечує користувачеві можливість роботи з ними у зручний час з будь-якого місця за допомогою персонального комп'ютера або мобільного пристрою. Професорсько-викладацький склад та студенти приєднуються до розвитку професійно-орієнтованої медіа освіти, що сприяє розвитку медіадидактики ВНЗ.

### **Література:**

1. Бухкало С.І., Іглін С.П., Главчева Ю.М., Мірошніченко Н.М. Можливості визначення компонентів складових комплексних проектів. 2018. – Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». № 40 (1316). – С. 46–52.
2. S. Bukhkalov, I. Denysovets, Natalia Galagan, H. Dumenko. Intellectual Property as Complex Innovation Projects Component. International Journal of Engineering & Technology, 7 (4.8) (2018) 596–602.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ В'ЯЗКОСТІ ЖИРОВИХ СИСТЕМ**

**Гладкий Ф.Ф., Акимченко В.Е., Гаврюшенко К.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Відомо, що масло-какао кристалізується у 6 поліморфних модифікаціях. Температури плавлення цих модифікацій знаходяться в інтервалі від 16 °С до 33 °С[1]. Оскільки масло какао є багатокомпонентною сумішшю ефірів гліцерину, то при швидкому охолодженні спочатку кристалізується більш низькоплавка модифікація, що обумовлює підвищення в'язкості системи і унеможливорює кристалізацію масла в  $\beta$  – стабільній модифікації.

Чим нижча в'язкість какао масла, тим більша рухливість молекул, менша енергія активації в'язкості, більше ймовірність зіткнення молекул, як наслідок, і швидкість виникнення центрів кристалізації [2].

Для зниження в'язкості системи, пропонується додавати етилові ефіри стеаринової кислоти, що дозволяє при швидкому охолодженні сформувати стабільну модифікацію, виключаючи тривалий процес темперування шоколадних мас.

Проведені виміри кінематичної в'язкості індивідуальних масла какао та етилових ефірів стеаринової кислоти і їх сумішей. З отриманих даних видно, що в'язкість масла какао у 10 разів більше, ніж етилових ефірів.

Встановлено, що суміш з вмістом етилових ефірів стеаринової кислоти 50 % і більше може бути застосовна для досягнення ефекту. Непрямим доказом цього є дослідження етилових ефірів стеаринової кислоти у складі гіркої шоколадної маси. Зразки шоколадної маси, що виготовлені з використанням етилових ефірів стеаринової кислоти, при зберіганні протягом 6 місяців не мають жирового посивіння на відміну від шоколадних зразків, виготовлених при тих самих умовах, але з використанням масла какао.

### **Література:**

1. Дорохович А.М. Технологія шоколаду: Навч. Посіб. – К.: НУХТ, 2014. – 367 с.
2. Зубченко А. В. Влияние физико-химических процессов на качество кондитерских изделий. – М.: Агропромиздат. 1986. – 296 с.



## УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЕТАНОЛУ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ

Гончар Є.В., Самойленко С.І., Огурцов О.М.

*Національний технічний університет  
Харківський політехнічний інститут,  
м. Харків*

В Україні існує потужна виробничо-технічна база з виробництва етилового спирту, що представлена значною кількістю спиртових заводів загальною потужністю понад 68 млн. дал спирту [1].

Перспективним у роботі спиртової галузі є використання біоетанолу, як альтернативного палива, вкрай необхідного державі. Широкомасштабне виробництво біоетанолу можливе лише за його конкурентоспроможності, у порівнянні з іншими паливними оксигентами та бензином. Також перспективним напрямком у цьому питанні є використання нетрадиційної сировини в тому числі і рослинного походження [1].

Серед розмаїття нетрадиційних видів рослин однією з перспективних для господарського використання є топінамбур, один з найдешевших видів сировини галузі. Відродження інтересу до даної культури пов'язано з появою нових аспектів його використання, в тому числі в якості основної сировини спиртового виробництва [2].

Для зброджування сировини виробники використовують штам *Saccharomyces cerevisiae* (*S. cerevisiae*) різних рас. Недоліками цих рас можна вважати досить високий вміст домішок в бражці до кінця бродіння, нездатність синтезувати ферменти, що дозволяють гідролізувати полісахариди.

На основі аналізу літературних джерел нами запропоновано спосіб виробництва етилового спирту з використанням топінамбура як основної сировини. Для процесу бродіння пропонується новий штам дріжджів – *Saccharomyces cerevisiae* ВГШ-2 [3].

Використання дріжджів *S. cerevisiae* ВГШ-2 для зброджування екстракту топінамбура дозволяє збільшити вихід етанолу в порівнянні з промисловою расою, поліпшити його якісні показники, а також прогнозувати перспективу її впровадження в харчовій промисловості для отримання етанолу [3].

### Література:

1. Яровенко В.Л. Технологія спирту / В.Л. Яровенко. – М. : Колос, 2002. – 460 с.
2. Гончар Є.В. Біотехнологія виробництва спирту етилового з використанням нетрадиційної сировини : дипл. проект / Є.В. Гончар. – Харків, 2018. – 110 с.
3. Пат. 2147034 С12N1/16, С12N1/16, С12R1:865. Дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* штам ВГШ-2 для бродильних виробництв / Шуваєва Г.П., Гарманова Е.Л., Мальцева О.Ю.; заявник та власник патенту Воронежська державна технологічна академія. – № 98121097/13; заявл. 23.11.1993; опубл. 27.03.2000.

## **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СХЕМА ПРОЦЕСУ ПАСТЕРИЗАЦІЇ ЯБЛУЧНОГО СОКУ**

**Горбунов К.О., Горбунова О.В., Рябова І.Б., Гарєв Л.А.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Зменшення енергоспоживання при проведенні технологічних процесів може бути досягнуто наступними шляхами:

- оптимізацією та компонуванням існуючих установок без зміни конструкції (пошук оптимальних габаритних розмірів, нових конструкційних матеріалів, взаємного розташування вузлів і т.д.);
- заміною окремих компонентів установки на більш енергоефективні, без істотних конструктивних змін щодо самої установки;
- розробкою нових схемних рішень на основі існуючих вузлів;
- використанням інших джерел енергії, в тому числі нетрадиційних.

Найменш затратними і найбільш ефективними, з точки зору співвідношення питомих витрат на модернізацію і отриманий ефект, є другий і третій шляхи. При цьому немає необхідності в повному переоснащенні виробництва, а попередню калькуляцію матеріальних витрат на таку модернізацію можливо оцінити ще до самої реконструкції.

Така ж картина спостерігається і в харчовій галузі. Деякі процеси вимагають охолодження технологічних потоків до досить низьких температур. Це може бути забезпечено тільки низькотемпературними холодильними утилітами, що генеруються в холодильних установках [1, 2].

В дослідженні розглянуто технологічну схему процесу пастеризації яблучного соку та запропоновано декілька методів її вдосконалення. А саме, використання додаткового охолоджувача та схему комбінованого типу, що дозволить виключити використання зовнішніх гарячих утиліт та мінімізувати навантаження на зовнішні холодні утиліти. Доцільність використання цього схемного рішення підтверджена відповідними техніко-економічними розрахунками [3, 4].

### **Література:**

1. Головкин Н.А. Холодильная технология пищевых продуктов: Учебник. М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1984. – 240 с.
2. Применение холода в пищевой промышленности: Справочник / Под ред. А.В. Быкова. – М.: Пищевая промышленность, 1979. 151 с.
3. Горбунов К.А. Интеграция тепловых процессов в отделении пастеризации яблочного сока / Горбунов К.А., Быканов С.Н., Пугановский О.В., Гарев А.О., Горбунова О.В., Сивцов М.Р. // Интегровані технології та енергозбереження. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2018. – № 2. – С. 43–49.
4. Модернізація енерго-функціональної схеми процесу пастеризації яблучного соку / К.О. Горбунов, О.В. Горбунова, В.М., Соловей, Г.В. Пономаренко // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер.: Хімія, хімічна технологія та екологія : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2018. – № 35 (1311). – С. 82–87.

## **УЛЬТРАЗВУКОВА ДИСПЕРГАЦІЯ КОМПОНЕНТІВ У ВИРОБНИЦТВІ РЕЦИКЛІНГОВИХ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ**

**Григоров А.Б.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Класичне виробництво пластичних мастил на мильних загущувачах є послідовним, багатостадійним технологічним процесом, який починається з дозованого вводу основних компонентів у реактор з проведенням реакції омилення жирів при нагріванні реакційної суміші та постійному її перемішуванні. Далі проходять стадії охолодження реакційної суміші її гомогенізація, деаерація та кінцева стадія - фільтрація отриманого пластичного мастила [1]. Однак при виробництві рециклінгових пластичних мастил, основні компоненти (дисперсійне середовище і загущувач) яких представлені відпрацьованими нафтопродуктами та побутовими полімерними відходами, у цей процес додається стадія їх попередньої підготовки: видалення з дисперсійного середовища води, механічних домішок, легких вуглеводневих фракцій та подрібнення, промивка, просушка полімерного загущувача. У цілому процес отримання рециклінгових пластичних мастил може здійснюватися з використанням технологічного обладнання, яке застосовується при виробництві пластичних мастил на мильних загущувачах. При цьому ключовою стадією виробництва, від якої залежать реологічні, адгезійні властивості і стабільність отриманих мастил, є стадія диспергації полімерного загущувача у дисперсійному середовищі, яка реалізується у реакторі при нагріванні суміші до 150 – 200 °С та механічному перемішуванні мішалкою пропелерного типу. Значно підвищити ефективність цієї стадії можна при використанні замість реактора з мішалкою апарату ультразвукової диспергації. Дослідження показали, що використання ультразвуку з частотою 44 кГц, у порівнянні з швидкісною пропелерною мішалкою, дозволяє зменшити розмір часточок загущувача більш ніж у 2 рази та більш рівномірно диспергувати його у дисперсійному середовищі, про що свідчить зменшення на 10 %, величини ефективної динамічної в'язкості та на 17 % величини колоїдної стабільності пластичного мастила. Використання ультразвукової диспергації має ряд істотних переваг: 1) у 2 рази скорочується час проведення диспергації; 2) більший рівень безпеки процесу; 3) розігрів реакційної суміші без зовнішніх джерел теплової енергії; 4) немає необхідності здійснювати гомогенізацію та фільтрацію отриманого пластичного мастила.

Таким чином, використання у технологічній схемі виробництва рециклінгових пластичних мастил ультразвукової диспергації дозволяє значно скоротити виробничі витрати та підвищити рівень безпеки виробництва.

### **Література**

1. Фукс И.Г. Состав, свойства и производство пластичных смазок / И.Г. Фукс, С.Б. Шибряев. – М.: Государственная академия нефти и газа им. И. М. Губкина, 1992. – 153 с.

## СУМІСНА РОЗЧИННІСТЬ СПОЛУК ВАНАДІЮ, НІКЕЛЮ ТА МОЛІБДЕНУ

Гринь Г.І., Мязіна О.В., Гринь С.О., Мірошніченко Н.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У роботі розглянуто питання розчинності сполук ванадію, нікелю та молібдену в різних розчинах. Вивчено розчинність оксиду ванадію (V) та метаванадату амонію у водних розчинах аміаку різної концентрації. Розчинність обох продуктів у перерахунку на  $V_2O_5$  практично не розрізняється і досягає максимальної величини 22 г/л у водних розчинах аміаку при температурі 333 К і концентрації аміаку в розчині 60 г/л.

Дослідження за впливом  $H_2O_2$  проводили при температурі 298 К у водних розчинах аміаку різної концентрації з вмістом перекису водню в них 1 %.

Досліджено розчинність оксиду молібдену (VI) у водних розчинах аміаку і в нейтральних середовищах. Концентрація аміаку у водному розчині до 60 г/л підвищує розчинність сполук молібдену, а збільшення концентрації аміаку більше 100 г/л призводить до зниження вмісту молібдену в розчині.

Показано, що пероксид водню збільшує швидкість розчинення, але практично не впливає на вміст молібдену в розчині. Досліджено процес розчинення  $MoO_3$  і встановлено, що він протікає в три стадії: хімічне розчинення  $MoO_3$  з максимальною концентрацією в розчині, молібдатів амонію зі зниженням концентрації в 1,7 рази і утворення полімолібдатів з ще більшим зниженням концентрації.

З'ясовано, що розчинність оксиду нікелю (II) у водних розчинах аміаку є незначною і у водному розчині з концентрацією аміаку 60 г/л становить 50 мг/л.

У результаті вивчення спільної розчинності сполук ванадію, молібдену і нікелю показано, що з усіх спільних впливів найбільш значний вплив молібдену на розчинність сполук ванадію. У процесі досліджень змінювали концентрацію  $MoO_3$  в розчині від 2 до 200 г/л в інтервалі температур 298 – 333 К.

Для досліджень було обрано водний розчин з концентрацією аміаку 60 г/л, в якому сполуки ванадію мають найбільшу розчинність. Концентрація ванадію в розчині знижується в 2,5 рази при підвищенні концентрації  $MoO_3$  в розчині більше 50 г/л. Помітного впливу на цей процес підвищення температури не має, що може бути використано при виділенні ванадію з розчинів. При видаленні вільного аміаку рН розчину знижується. В результаті відбувається додаткове зниження концентрації  $V_2O_5$  в розчині до 1 г/л. При цьому концентрація молібдену в розчині залишається постійною. Це також може бути використано в процесі осадження сполук ванадію з розчинів, що містять і ванадій і молібден.

Таким чином, досліджено сумісну розчинність сполук, що може бути корисним при подальшому вилученню цих речовин із складних розчинів.

## ТЕРМОДИНАМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ СПОЛУК МАРГАНЦЮ З ВІДНОВНИКАМИ ТА ОКИСНИКАМИ

Гринь Г.І., Семенов Є.О., Полянський Я.І.,  
Степанчук А.С., Гринь С.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У роботі проведено теоретичні термодинамічні дослідження взаємодії сполук марганцю з відновниками та окисниками. Зроблено висновок щодо найбільш доцільного розчину для процесу осадження.

На сьогоднішній день в Україні під час виробництва хімічної продукції утворюються великі кількості відходів. Деякі відходи містять сполуки важких металів, переробка яких дозволить використовувати цінні компоненти, що входять до їх складу, в якості сировини.

Для утилізації сполук марганцю можна використовувати наступні методи: фізичні, сорбційні, осадження сульфідами, осадження фосфатами, осадження з використанням гідроксидів, використання окиснювачів.

У якості окиснювачів та відновників було використано:  $\text{HCOOH}$ ,  $\text{HCOH}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{NaClO}$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

При проведенні теоретичних термодинамічних дослідженнях було з'ясовано, що:

1) відновлення марганцю до металевого стану за допомогою  $\text{HCOOH}$ ,  $\text{HCOH}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$  термодинамічно неможливо;

2) при використанні в якості окиснювача  $\text{KMnO}_4$  крім окиснення марганцю відбувається окиснення хлорид-іонів до  $\text{Cl}_2$ ;

3) при взаємодії з  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  термодинамічно можливо окиснення марганцю до  $\text{MnO}_4^-$  і окиснення хлорид-іонів до  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{ClO}_2^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{ClO}_4^-$ , крім того, відбувається внесення в розчин іонів  $\text{SO}_4^{2-}$ ;

4) при використанні в якості окиснювачів  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  і  $\text{FeCl}_3$  відбувається внесення в розчин додаткової кількості іонів хрому або заліза, тому використання цих окиснювачів недоцільно;

5) використання в якості окиснювача  $\text{NaClO}$  при осадженні сполук марганцю недоцільно, оскільки він буде витрачатися на окиснення хлорид-іонів до  $\text{Cl}_2$ ;

6) використання в якості окиснювача озону недоцільно, з одного боку через високу токсичність, а з іншого боку можливо окиснення марганцю до  $\text{MnO}_4^-$  і окиснення іонів  $\text{Cl}$  до  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{ClO}_2^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{ClO}_4^-$ ;

7) найдоцільніше використовувати в якості окиснювача пероксид водню, при цьому основними продуктами осадження є  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ .

Таким чином, при проведенні теоретичних термодинамічних досліджень було визначено можливість взаємодії сполук марганцю з різними окисниками та відновниками. Доведено, що використання  $\text{H}_2\text{O}_2$  для осадження сполук марганцю є найбільш доцільним за рахунок більш високої швидкості окиснення.

**ТЕРМОДИНАМІКА ВЗАЄМОДІЇ СПОЛУК НІКЕЛЮ  
З ОКИСНИКАМИ ТА ВІДНОВНИКАМИ У РОЗЧИНАХ**  
**Гринь Г.І., Семенов Є.О., Степанчук А.С., Полянський Я.І.**  
*Національний технічний університет*  
*«Харківський політехнічний інститут»,*  
*м. Харків*

У роботі проведено теоретичні термодинамічні дослідження взаємодії сполук нікелю з різними окиснювачами та відновниками, обрано найбільш доцільний окиснювач для процесу осадження сполук нікелю.

У даний час при виробництві хімічної продукції утворюється велика кількість відходів. Серед них особливо небезпечними є стічні води, що містять сполуки важких металів, таких як нікель. Такі відходи є токсичними та, після переробки, можуть використовуватися в якості сировини. Створення технології очищення рідких відходів від сполук нікелю дозволить не тільки значно поліпшити екологічну ситуацію, але і повернути цінний хімічний компонент.

Основними методами утилізації сполук нікелю на теперішній час є фізичні, сорбційні, електрохімічні, використання цементації, осадження фосфатами, осадження сірковмісними реагентами, осадження карбонатами, осадження гідроксидами.

Найефективнішим і найдоцільнішим є осадження нікелю в лужному середовищі в присутності окиснювача.

Найбільш відомими та розповсюдженими окиснювачами та відновниками для осадження нікелю з розчину є  $\text{HCOOH}$ ,  $\text{HCOH}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{NaClO}$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

Проведення теоретичного термодинамічного дослідження дозволило зробити такі висновки:

1. При взаємодії сполук нікелю з  $\text{HCOOH}$ ,  $\text{HCOH}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NaClO}$  виділення металу термодинамічно неможливо, тому використання даних відновників недоцільно.

2. При використанні в якості окиснювачів  $\text{KMnO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  і  $\text{O}_3$  термодинамічно можливо окислення нікелю до  $\text{Ni}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Ni}_2\text{O}_3$ .

3. Використання  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  і  $\text{FeCl}_3$  в якості окиснювачів недоцільно, так як відбувається внесення в розчин додаткової кількості іонів хрому або заліза.

4. Використання в якості окиснювача газоподібного хлору недоцільно, так як він має високу токсичність і корозійну активність.

5. Найбільш доцільне використання в якості окиснювача  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

Таким чином, проведені теоретичні термодинамічні дослідження показали можливість взаємодії сполук нікелю з різними відновниками та окиснювачами. Визначено, що застосування  $\text{H}_2\text{O}_2$  забезпечує найкращі показники за рахунок стабільного осадження та більш високої швидкості окиснення.

## ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРОМИВАЧА ГАЗУ КОЛОН-ІІ (ПГКЛ-ІІ) В СОДОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Грубнік А.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

При виробництві соди аміачним способом циркулює близько 500 кг аміаку на тону соди. Втрати аміаку у виробництві складають близько 0,5 – 0,6 % від кількості циркулюючого аміаку. Аміак втрачається з дистилерною рідиною (близько 0,6 кг/т), а також виноситься з газами із ПГКЛ-ІІ та промивача газів повітря фільтрів. Головним недоліком існуючих на сучасних содових виробництвах ПГКЛ-ІІ є недостатня ефективність з уловлювання аміаку, що складає 87 – 96 %. Причиною цього є недосконалі конструктивні особливості, які не забезпечують ефективний контакт фаз на барботажних тарілках.

Перспективним напрямом удосконалення конструкції масообмінних апаратів є турбулізація потоків, що призводить до підвищення коефіцієнту масопереносу шляхом зниження дифузійного опору. Сьогодні все більше розповсюдження набувають апарати вихрового типу, які показали достатньо високу ефективність при здійсненні масообмінних процесів у різних галузях промисловості. Тому була запропонована конструкція ПГКЛ-ІІ (рис. 1), яка забезпечуватиме створення вихрового потоку газу уздовж центральної осі у напрямку протилежному руху рідини.

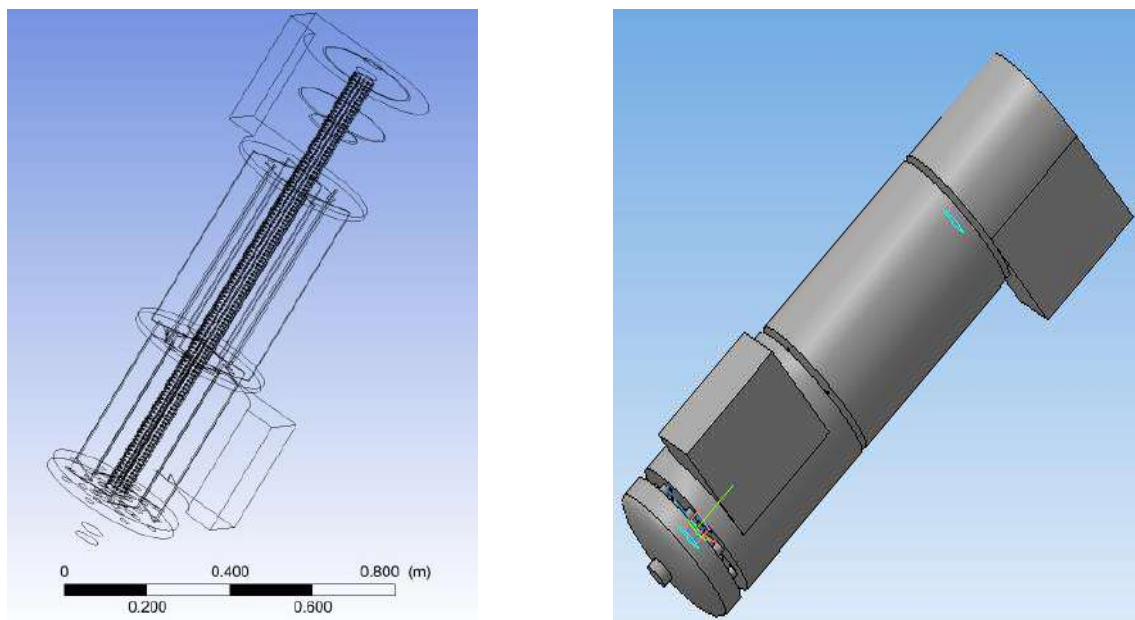


Рис. 1 – Запропонована конструкція абсорберу вихрового типу

Перевірка ефективності роботи такого апарату на лабораторному прототипі є метою подальших досліджень.

## **ВИКОРИСТАННЯ ВУГЛЕВМІСНИХ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ У ВИРОБНИЦТВІ СТІНОВИХ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Гуміров Е.І., Щукіна Л. П., Лігезін С.Л.**  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У виробництві стінової кераміки застосовують різні види палива, серед яких традиційним є природний газ. Вартість природного газу для вітчизняної керамічної промисловості постійно зростає, що спонукає виробників до пошуку більш дешевих видів палива, здатних слугувати альтернативою газу або забезпечити його суттєву економію.

Метою даної роботи було дослідження можливості отримання керамічних стінових матеріалів з використанням вуглевмісних відходів вугільної промисловості як паливної добавки та енергетичної сировини.

Вуглевмісною сировиною в даному дослідженні слугували відходи флотаційного збагачення кам'яного вугілля збагачувальної фабрики, яка розташована у м. Кам'янське Дніпропетровської області. За речовинним складом відходи містили 29 % вуглецю, 2,5 % водню, 2,6 % кисню і 0,5 % сірки, що відносить їх до категорії високовуглецевих. Кількість відходів в масах становила 15 мас. % і 22 мас. % залежно від їх функції, як глинистий компонент мас був використаний типовий для стінової кераміки легкотопкий неспікливий суглинок одного з родовищ Тернопільської області. Зразки отримували напівсухим пресуванням сировинних композицій і випалювали в муфельній печі за температури 950 °С з витримкою протягом однієї години. Для кращого вигорання вуглецю застосовували спеціальні окисники у вигляді нітратних солей та біхромату калію, функція яких полягала у створенні окислювального середовища в об'ємі випалюваного матеріалу. Оптимальна кількість окисників визначалася експериментальним шляхом на зразках чистих випалених відходів за критерієм мінімального об'єму зразка, зайнятого «чорною серцевиною».

В результаті випалу зразків з 15 мас. % вуглевідходів і оптимальною комбінацією окисників отримані керамічні матеріали з межею міцності при стиску на рівні 10 – 11 МПа, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-61:2008 на рядову цеглу марки М 100. При цьому, як показали теплотехнічні розрахунки, витрати газу при термічній обробці таких напівфабрикатів становитимуть лише 20 % від об'єму газу, необхідного на випал матеріалів без паливної добавки.

Використання кам'янських вуглевідходів в кількості 22 мас. % (це відповідає їх функції як енергетичної сировини) дозволяє проводити випал зразків на етапі витримки за температури 950 °С без використання зовнішнього джерела теплової енергії з отриманням керамічних матеріалів з маркою за механічною міцністю М 75. Це вказує на перспективність досліджень в напрямку реалізації концепції «самовипалу» паливовмісних керамічних мас з використанням високовуглецевих вуглевідходів як енергетичної сировини.



## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БІОКАТАЛІЗАТОРІВ НА ОСНОВІ ЛІПАЗИ ШТАМІВ *CANDIDA ANTARCTICA*

Гуржий А.А., Огурцов О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Ліпаза штамів *Candida antarctica* являє собою біокатализатор, що використовується для ацилювання та деацилювання широкого спектру природних і неприродних субстратів з високою регіоселективністю та енантіоселективністю, стабільний в екстремальних реакційних умовах як у водному, так і в органічному середовищі. Він знайшов широке застосування в органічному синтезі, харчовій промисловості та біотехнології [1]. Також фермент користується надзвичайно великим попитом для створення «дружніх» навколишньому середовищу технологічних процесів «зеленої хімії», для розділу рацематів і отримання оптично чистих ізомерів для потреб фармацевтичної промисловості [2].

Ключовим фактором практичного застосування ферменту є можливість його використання в формі гетерогенного технологічного біокатализатору, що забезпечує підвищення стабільності ферменту, можливість його багаторазового застосування, а також відсутність білкового забруднення реакційної суміші. Стратегія створення технологічних біокатализаторів на основі ліпази *Candida antarctica* має свої особливості, пов'язані зі структурними та каталітичними властивостями цього ферменту [3].

Проаналізувавши методи отримання гетерогенного біокатализатору на основі ліпази штамів *Candida antarctica*, запропоновано методику іммобілізації з використанням макропористої адсорбційної смоли та зимогену, що іммобілізується у органічному середовищі. У якості органічного середовища використовується гексан. У якості нововведення запропоновано використання макропористої адсорбційної смоли АВ-8, що дозволяє підвищити відновлення активності ферменту до 79,2 %. Таким чином, було удосконалено технологію отримання біокатализатору та запропоновано зміну в технології використання біокатализаторів на основі ліпази штамів *Candida antarctica*.

### Література:

1. Bioinformatic analysis of alpha/beta-hydrolase fold enzymes reveals subfamily-specific positions responsible for discrimination of amidase and lipase activities / D.A. Suplatov, W. Besenmatter, V.K. Svedas, A. Svendsen // Protein Engineering, Design & Selection. – 2012. – №11. – С. 689–697.
2. Технологические биокатализаторы на основе липазы *Candida antarctica* и их применение / [А.В. Складенко, Н.В. Медведева, А.И. Сидоренко та ін.] // Биотехнология. – 2016. – №3. – С. 10–56.
3. Пат. CN101575594B China. Technique method of immobilized candida antarctica lipase B / Sun Jiangna, Gao Jing; original assignee Hebei University of Technology. – № CN 200910068836; application 11.11.2009; grant 20.07.2011.

## ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ПЛАСТИНЧАСТІ ВИПАРНІ АПАРАТИ

Данилов Ю.Б., Биканов С.М., Гапонова О.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Процеси випарювання досить розповсюджені в хімічних та харчових виробництвах. Відомо, що випарювання потребує значних затрат енергії. Одним із шляхів зниження енергозатрат при випарюванні є вдосконалення конструкції випарних апаратів, завдяки чому підвищується інтенсивність кипіння розчину і, як результат, досягається зменшення затрат енергії.

В цьому напрямку досить перспективним є застосування випарних апаратів (ВА) з пластинчастою гріючою камерою. Пластинчасті гріючі елементи мають високі коефіцієнти теплопередачі, малу металоємність а також високу надійність роботи. Пластинчастий ВА має корпус, сепаратор та пластинчасту гріючу камеру, яка являє собою пакет пластин, що розташовані між стискаючими плитами, а також штуцери подачі гріючого пару та розчину, що випарюється, штуцери виводу упареного розчину, вторинної пари та конденсату. В гріючій камері треба забезпечити вертикальні колектори для подачі гріючого пара і розташувати їх в бокової частині пакету пластин. Вхід розчину та його вихід із гріючої камери повинен розташовуватись з протилежних торців пакету пластин.

Пакет пластин розподілено на секції ступені випарювання. Кожна секція має три пластини. Перша пластина секції ступені випарювання має у верхній частині отвір для проходу пара. Нижче розташовані отвори для розчину та відведення конденсату. Друга пластина має аналогічні поєднані отвори для перетікання розчину. Між собою перша і друга пластина утворюють герметичну порожнину для пара і конденсату. В нижній частині порожнини є вхід у вертикальний гідрозатворний канал конденсату. Верхня частина гідрозатворного каналу має в другій пластині отвір, поєднаний з герметичною порожниною пара і конденсату наступної стадії випарювання. Третя пластина у верхній частині має отвір для проходу пара, нижче розташовані отвори для перетікання розчину та конденсату.

В базовому варіанті пластинчастого випарного апарата з винесеною зоною кипіння, апарат має трубу закипання розчину, що розташована над пластинчастою гріючою камерою. При цьому верхня частина труби закипання розташована на рівні розчину в корпусі випарного апарату. Вхід розчину, що випарюється і вихід його розташовані відповідно зі сторони нижнього та верхнього торців пакету пластин. Гріюча камера може бути розбірною або зварною.

Запропоновані конструктивні рішення що до створення енергозберігаючих випарних апаратів з пластинчастою гріючою камерою підтверджені патентами [1] і дозволять вдосконалити процеси випарювання розчинів їдкого натру, фосфорної кислоти, хлоридних стоків підприємств.

### Література:

1. Данилов Ю.Б., Фокин В.С., Данилов Д.Ю. Пластинчатий випарний апарат з багаторазовим використання тепла. Патент на винахід, №76548, бюл.№8, 2006.

## ПОВІТРЯНО-ТЕПЛОВІ ЗАВІСИ ДЛЯ СИСТЕМ ПЕРЕРИВЧАСТОГО ОПАЛЕННЯ

**Денисова А.Є., Лужанська Г.В., Ткачов О.А., Мар'яш В.А.**  
*Одеський національний політехнічний університет,  
м. Одеса*

При використанні систем переривчастого опалення (СПО) для навчальних закладів важливою проблемою є попередження проривів холодного повітря в момент масового входу учнівського контингенту на заняття взимку. Вказане призводить до зменшення температури в приміщеннях на 3...4 °С і погіршує результати натопу СПО [1]. Доцільним є використання повітряно-теплових завіс, для запобігання проривів холодного повітря в будівлю [2]. Встановлено, що ефективність повітряно-теплових завіс збільшується при використанні завіси з розривом струменя (ЗРС). Повітряно-випускний отвір в ЗРС перекривають в перемиженому порядку по вертикалі, що призводить до збільшення кількості дрібних плоских струменів, які на певній відстані зливаються в єдиний повітряний потік [3]. Порівняння ефективності типової завіси (ЗТ) і ЗРС для зовнішнього відкритого проїому 3,6х3,6 м представлені в табл. 1.

Таблиця 1– Порівняння ефективності роботи ЗТ і ЗРС

Характеристики повітряно-теплової завіси	Тип повітряно-теплової завіси	
	ЗТ	ЗРС
Розмір щілинного отвору, м	3,6х0,09	0,18х0,09
Площа щілинного отвору, м <sup>2</sup>	0,324	0,162
Швидкість витікання повітря, м/с	10,71	18,48
Витрата повітря з одного боку, м <sup>3</sup> /год	12500	10777
Витрата повітря з обох сторін, м <sup>3</sup> /год	25000	21554
Масова витрата повітря, кг/год	31000	26727
Витрата теплоти, Вт	154670	133282
Теплова ефективність, %	—	14

Аналіз одержаних результатів показує, що при використанні ЗРС у зрівнянні з ЗТ для будівель громадського призначення дозволяє одержати енергозберігаючий ефект на рівні 14 %.

### Література:

1. Mazurenko A. Improving the efficiency of operation mode heat pump hot water system with two-stage akumulirovaniem heat [Text] / A. Mazurenko, A. Denysova, G. Balasanian, A. Klymchuk, K Borisenko // Eastern-European journal of enterprise technologies. 2017. – 1/8. С.27 – 34.
2. O. Klymchuk, A.Denysova, G.Balasanian. Alhemiri Saad Aldin, Krystyna Borysenko. Implementation of an integrated system of intermitted heat supply for education institutions // Eureka: Physics and Engineering, 2018.– Vol. 1(14), pp. 3–11.
3. Лужанская А.В. Оценка эффективности работы теплолокализирующих устройств // Холодильна техніка та технологія. Том 53. Випуск 4. – Одеса: ОНАХТ. 2017. С. 21–25.

## ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ПОЛІРУВАННЯ СПЛАВУ СРІБЛА СР 925 В РОДАНІДНИХ РОЗЧИНАХ

Дерібо С.Г., Галаган Н.С.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м Харків*

Електрохімічне полірування (ЕХП) поверхні металів і сплавів є одним з найбільш прогресивних технологічних процесів металообробки. В основному це пов'язане з рядом істотних переваг процесу в порівнянні з механічним поліруванням:

- можливість обробки деталей і виробів конфігурації будь-якої складності;
- можливість одержання дзеркальної поверхні виробів;
- досить коротка тривалість процесу полірування;
- різке зниження ручної праці;
- одержання відходів обробки в іонному виді, зручному для наступної регенерації, що важливо при обробці дорогоцінних металів і сплавів [1].

На теперішній час метод електрохімічного полірування широко застосовується для обробки срібних ювелірних сплавів або срібних покриттів. Цим методом користуються як для очищення поверхні виробів після лиття для зняття так званого “збагаченого шару”, після пайки, так і для остаточної обробки виробів.

Ефективність згладжування мікрорельєфу при електрохімічному поліруванні срібла залежить від режиму електролізу, а також від складу електроліту й оброблюваного ювелірного сплаву.

Метою роботи було визначення оптимальних умов проведення процесу електрополірування ювелірного сплаву СrМ 925 у розчинах на основі роданіду калію.

Встановлено, що анодний процес супроводжується періодичним утворенням пасивної оксидної плівки на поверхні срібла і її розчиненням, що як раз і призводить до отримання гладкої блискучої поверхні металу, тобто до електрохімічного полірування [2]. Задовільні результати досягнуті при використанні водно-органічного розчину, що містить роданід калію  $\text{KCNS}$  4 – 5 моль/дм<sup>3</sup> та багатоатомний спирт гліцерин 0,3 – 0,5 моль/дм<sup>3</sup> М.

Ефективність процесу ЕХП зростає при використанні імпульсного струму. При амплітуді імпульсу 0,6 – 0,8 А/см<sup>2</sup> тривалість періодів становить 0,5 – 1,0 с. Скважність 8 – 10. Тривалість обробки: 1 – 2 хв.

### Література:

1. Галанин С.И. Электрохимическое полирование сплава серебра СrМ925 импульсным током Текст. / С.И.Галанин, А.В.Чекотин, М.В.Никонова // Журнал прикладной химии, 2001, – Т. 74. – №. 10. – С. 1633 – 1635.
2. Дерібо С.Г., Артеменко В.М., Корогодська А.М., Лещенко С.А. Вісник НТУ «ХПІ», Збірник наукових праць. Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х: НТУ «ХПІ». – 2017. – №49 (1270). – С. 27-34.

## **ЕЛЕКТРООСАДЖЕННЯ СПЛАВУ ОЛОВО-ЦИНК ІЗ ЦИТРАТНО-АМІАКАТНОГО ЕЛЕКТРОЛІТУ**

**Дерібо С.Г., Красношанка Р.Ю.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м Харків*

На даний час у гальванотехніці приділяється велика увага створенню й впровадженню у виробництво нових технологій: маловідходних, екологічно безпечних, що забезпечують зниження матеріалоємності й енергоспоживання. Електроосадження сплавів є одним з ефективних методів поліпшення властивостей гальванопокриттів. Так, покриття сплавом олово-цинк із вмістом олова 60 – 80 %, у порівнянні з олов'яними, менш поруваті, легко паяються, поліруються до дзеркального блиску, мають підвищені захисні та антикорозійні властивості в промисловій атмосфері, а також в умовах морського і тропічного клімату в порівнянні із цинковими і кадмієвими покриттями.

Однак електроліти, що найбільш часто застосовуються в промисловості для одержання сплаву олово-цинк, токсичні, тому що містять у своєму складі ціанідні сполуки, і експлуатуються переважно при підвищених температурах (60 – 70 °С).

Перспективним напрямком у цій області є розробка й удосконалення ресурсо- і енергозберігаючих електролітів, що працюють без підігріву й перемішування, що дозволяє одержувати покриття з поліпшеними функціональними властивостями. До таких розчинів відноситься неціанідний електроліт на основі цитратно-аміакатних комплексів.

Вплив складу електроліту й режиму електролізу на вміст основних компонентів у покритті, на вихід за струмом сплаву і якість катодних осадів вивчали в розчині, що містить  $\text{ZnO}$ ,  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ , а також неонол – неіоногенна ПАР.

На підставі проведених досліджень для електрохімічного осадження рівних дрібнокристалічних покриттів сплавом можна рекомендувати вищенаведений електроліт. При  $j = 1 - 3 \text{ А/дм}^2$  і  $t = 20 - 25 \text{ }^\circ\text{C}$  осаджуються покриття сплавом олово-цинк з вмістом цинку від 15 до 35 % і з виходом за струмом 70 – 80 %.

### **Література:**

1. Якименко Г.Я., В.М.Артеменко Технічна електрохімія. Ч.3. Гальванічні виробництва: Підручник за ред. Б.І.Байрачного. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2006, – 272с.
2. Якименко Г.Я. Гальванічні покриття. Аспекти вибору, функціональні властивості і технологія одержання: нав. посібник / Г.Я. Якименко, В.М. Артеменко; за ред. Б.І. Байрачного. – Харків: НТУ «ХПІ», 2009. – 148 с.

## СИНТЕЗ ДОВГОХВИЛЬОВИХ ОРГАНІЧНИХ ЛЮМІНОФОРІВ ДЛЯ ЗАБАРВЛЕННЯ СИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

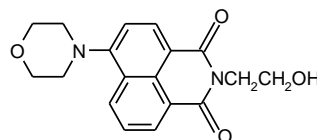
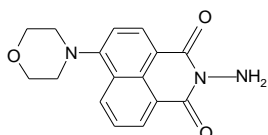
Дістанов В.Б., Бондарєв В.В., Васильєва В.О.,

Дзьобань Т.В., Мироненко Л.С.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Швидкий розвиток хімії полімерних матеріалів примушує дослідників вирішувати проблему забарвлення пластмас і синтетичних волокон. Відомі барвники, які раніше використовувались для забарвлення текстильних матеріалів природного походження, в своїй більшості виявились непридатними для синтетичних волокон. Потребується розробка спеціального асортименту барвників, який враховує особливості цих матеріалів і умови їх забарвлення.

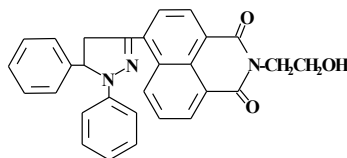
Найбільш ефективними за своїми характеристиками серед жовтих барвників виявились гетероциклічні похідні 4-амінонафталенової кислоти. Одними з таких люмінофорів є іміди 4-морфолінонафталенової кислоти наступних формул:



Відомо, що збільшення хромофорної системи органічних люмінофорів призводить до поглиблення кольору як них самих, так і забарвлених ними штучних, синтетичних або природних волокон.

Метою даної роботи є розробка люмінофорів, як люмінесціюють в червоній області спектру.

Такими похідними можуть бути похідні піразолінілнафталенової кислоти, одним з представників якої є 4-(1,5-дифеніл-2-піразолініл-3)-N-(β-оксинафтал-імід).



Розроблені методики отримання ряду похідних піразолінілнафталенової кислоти. Вивчені їх спектральні характеристики та стійкість до деяких мокрих обробок (стійкість до дії розчину мила, стійкість до дії органічних розчинників, стійкість до дії поту).

### Література:

1. Distanov V. B., Berdanova V. F. etc. An alternative approach to the production of fluorescent colored fibres // *Dyes and Pigments*. – 2001. – Vol. 48. – P. 159-163.
2. Дистанов В. Б., Берданова В. Ф., Навицкас С. К. Способ получения флуоресцентных окрашенных волокон // *Вестник Национального технического университета «ХПИ»*. – 2002. – № 9. – Т. 2. – С. 47-50.

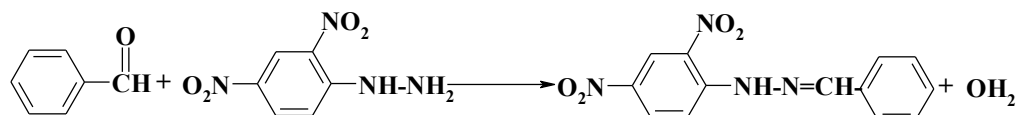
## ВИВЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІДРАЗОНІВ В ЯКОСТІ ВИХІДНИХ ПРОДУКТІВ ОТРИМАННЯ ПРОТИВІРУСНИХ ПРЕПАРАТІВ

Дістанов В.Б., Голубенко Є.А., Породнов А.О.,  
Мироненко Л.С., Фалалєєва Т.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Як показали попередні дослідження, формази являються перспективними об'єктами для синтезу ефективних противірусних препаратів, вихідним продуктом котрих є гідразони [1, 2].

Враховуючи те, що структура формазанів включає в себе три фрагменти – альдегідний, арилгідразинний та діазоскладову, ми зосередились на отриманні гідразонів з замісниками різної електронної природи та положення їх в будові молекули. Нижче наведена принципова схема отримання гідразонів на прикладі взаємодії бензальдегіду з 2,4-динітрофенілгідрaziном:



Вклад кожної частини в молекулу дуже суттєвий. Замісники різної електронної природи, в будь якій частині молекули, можуть зменшити або збільшити її біологічну активність.

Метою даної роботи є синтез гідразонів і удосконалення методик їх отримання.

Будова вихідних продуктів, наявність замісників, які можуть впливати на протікання реакції за рахунок просторової дії або утворення внутрішньо-молекулярних зв'язків (ВМЗ) завжди повинні враховуватися при розробці методики отримання нових похідних в будь-якому класі органічних сполук.

Дійсно, при використанні альдегідів з замісниками в *o*-положенні та електроноакцепторними замісниками в *n*-положенні до альдегідної групи вихід кінцевих продуктів значно менший. Для підвищення виходу були потрібні більш жорсткі умови (температурний режим, тривалість процесу, зміна розчинника).

### Література:

1. Дістанов В.Б., Немченко Н.В., Фалалєєва Т.В., Мироненко Л.С. Синтез нових похідних формазанів – потенційних біологічно активних речовин // Тези доповідей IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми науково-промислового комплексу регіонів – 2018». – Рубіжне, Інститут хімічних технологій Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2018. – С. 26-30.

2. Мироненко Л.С., Дістанов В.Б. Синтез та дослідження деяких формазанів з антибактеріальними властивостями // Тези доповідей XX наукової молодіжної конференції «Проблеми та досягнення сучасної хімії». – 2018. – Одеса. – С. 56.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ПРИНЦИПАХ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

**Дорошенко Ж.Ф.<sup>1</sup>, Потапов М.Д.<sup>2</sup>, Мохсен Осама Мохсен Мохаммед<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Одесский национальный политехнический университет,*

<sup>2</sup>*Одесская национальная академия пищевых технологий,  
г. Одесса*

Эффективность систем теплоснабжения (СТ) обеспечивается применением энергосберегающих технологий и использованием инструментария энергетического менеджмента. Наилучший (оптимальный) вариант технического решения для каждого конкретного случая определяется с учетом целого комплекса изменяемых параметров. Такой подход позволяет выбрать наиболее эффективную энергосберегающую технологию, которая обеспечивает совершенствование муниципальной системы теплоснабжения [1].

При решении указанной задачи можно определить наиболее эффективную структуру СТ муниципального потребителя с учетом принципов исторической застройки крупных городов, точечной застройки в исторической части городов, особенностей современной многоэтажной застройки микрорайонов, коттеджных поселков и пр. Следует отметить, что единого наиболее эффективного решения для столь разнообразных объектов не существует. Например, даже для точечной застройки исторических центров городов может оказаться неприемлемым теплоснабжение на базе действующих централизованных систем, которые создавались для иных исторических периодов с учетом соответствующих норм и рекомендаций. В таких случаях для новых объектов целесообразным является использование децентрализованных систем с собственным современным теплогенерирующим звеном на базе традиционной технологии либо в составе интегрированных систем.

В зданиях исторической застройки энергосбережение в силу объективных причин сводится к проведению работ по уменьшению тепловых потерь. Предложения по отказу от централизованного теплоснабжения в больших городах в пользу индивидуальных систем требует серьезного обоснования с учетом технических возможностей электрических и газовых сетей, а также оценки дополнительной экологической нагрузки. Значительный интерес представляет задача по модернизации систем теплоснабжения для зданий недавней постройки, которые по теплотехническим характеристикам соответствуют нормам и используют традиционные топливные технологии. Для таких объектов перспективным является использование низкопотенциальных источников энергии на базе теплонасосных технологий для покрытия нагрузок ГВС [1].

### **Литература:**

1. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Денисова А.Є., Демідов І.М., Капустенко П.О., Арсеньєва О.П., Білоус О.В., Ольховська О.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (Інноваційні приклади) / Підручник. К.: Центр навчальної літератури, 2016. – 468 с.



## **ПІДБІР ОПТИМАЛЬНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ**

**Євстіфєєва О.А., Семерніна О.В., Ларінцева Н.В., Огурцов О.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Сьогодні людство відчуває дуже велику нестачу у енергоресурсах, тому на допомогу можуть прийти альтернативні (відтворювані) джерела енергії. Зараз, ми не можемо повністю відмовитися від корисних копалин та продуктів їх переробки, але вже вміємо зменшувати їх вартість без зниження енергетичної цінності.

Одним з найперспективніших палив є біоетанол. В Україні вже декілька років продається не тільки експортний, але й вітчизняний бензин з додаванням етилового спирту. Частіше за все він йде під маркуванням А 92Е, як відзначають користувачі автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння, цей вид бензину за своїми характеристиками зовсім не відрізняється від палива, що повністю складається з вуглеводнів. Тому треба працювати над тим, щоб зменшувати собівартість етанолу, що додається до бензину та збільшувати обсяг його виробництва

Для одержання біоетанолу доцільно використовувати так звану сировину другого покоління тобто відходів сільськогосподарських рослин. Перспективи використання рослинних відходів величезні. При збиранні зернових і олійних культур співвідношення маси зерна до маси соломи становить від 1/1,5 до 1/2,5, тобто солома є перспективною сировиною для виробництва біопалива. Солома пшениці на 54 – 79 % складається з вуглеводних компонентів, при гідролізі яких утворюється розчин цукрів, а енергетичний потенціал соломи, зібраної з 1 га зернових, еквівалентний 1200 – 1600 л рідкого палива [1].

При використанні відходів сільськогосподарських рослин, як сировини для виробництва біоетанолу, її піддають гідролізу з метою одержання низькомолекулярних цукрів. Зазвичай цей гідроліз є кислотним, що вимагає додаткової нейтралізації сировини перед зброджуванням, тому більш доцільним є проводити деструкцію целюлози, лігніну комплексом целлюлаз мікробного походження. Гідроліз проходить в м'яких умовах та виключає утворення токсичних напівпродуктів, а також гарантує високий вихід зброджуваних цукрів [2].

### **Література**

1. Переробка соломи у біопаливо [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://bio.ukr.bio/ua/articles/6063/> (дата звернення 23.02.2019 р.). – Назва з екрана.
2. Пат. 2593724 Российская Федерация, МПК C12P7/06 C12P7/10. Способ получения биоэтанола из целлюлозосодержащего сырья / Скиба Е.А, Байбакова О.В, Будаева В.В, Сакович Г.В.; заявитель и патентообладатель Российская Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения РАН (ИПХЭТ СО РАН), заявл. 25.06.2015, опубл.

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ КУРЯЧОГО ЖИРУ У ВИРОБНИЦТВІ МАРГАРИНУ ТА СПЕЦІАЛЬНИХ ЖИРІВ**

**Сна О.В., Тимченко В.К., Арутюнян Т.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Наукові дослідження спрямовано на вирішення актуальної для олієжирової галузі задачі – розширенню сировинної бази виробництва маргаринової продукції та спеціальних жирів для кондитерської, хлібопекарської та молочної галузей харчової промисловості [1].

Завдяки бурхливому розвитку птахівництва в Україні нагальною стала проблема утилізації курячого жиру, ресурси якого весь час зростають. Крім того, в олієжировій галузі почали з'являтися замовлення щодо поставок на експорт харчових купажів соняшникової олії та топленого курячого жиру.

Слід відмітити, що за відсутності національного стандарту на курячий жир деякі «недбайливі» виробники використовують цей жир (вірніше його рідку фракцію) для фальсифікації більш коштовної олії [2].

Зважаючи на суттєво нижчу вартість курячого жиру (у порівнянні з жировими компонентами із «середньою» температурою плавлення – саломас М1-1, кокосова і пальмоядрова олії), можна прогнозувати доцільність виробництва курячого жиру у промислових масштабах.

Для вирішення проблеми цільового призначення курячого жиру, який до того ж, практично не містить транс-ізомеризованих жирних кислот і генетично модифікованих організмів, доцільно мати, перш за все, характеристику його жирнокислотного складу стеринової фракції.

Попередні дослідження показали, що особливістю жирнокислотного складу зразку курячого жиру є наявність значної кількості пальмітинової кислоти (25,08 %), олеїнової (36,7 %) та лінолевої (21,9 %) кислот. Склад стеринової фракції представлено одним компонентом – холестерином у кількості 0,138 мг/кг (~ 0,014 %).

### **Література:**

1. Демидов И.Н. Технологические аспекты использования животных жиров в производстве маргариновой продукции / И.Н. Демидов, В.К. Тимченко, В.А. Голодняк, З.П. Федякина // Олійно-жировий комплекс. – Дніпропетровськ, 2015. – №2(49). – С.29–31.
2. Кіщенко В.А., Левчук І.В., Голубець О.В., Тимченко В.К., Куниця К.В. Методологія виявлення домішки курячого жиру у соняшниковій олії // Технологічний аудит і резерви виробництва. – Харків: технологічний центр, 2015. – № 6/4 (26). – С.4–8.

## **ВИБІР ЖИРОВОЇ ОСНОВИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ ДЛЯ КОСМЕТИЧНОГО ЗАСОБУ**

**Жирнова С.В., Овсяннікова Т.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

На сьогоднішній день важливе місце в житті сучасної людини займає косметична продукція. Вона безпосередньо взаємодіє з людським організмом, тому її застосування пов'язано зі здоров'ям та самопочуттям споживачів. Важливість показників складу та безпеки цих товарів постійно зростає та є визначальним критерієм під час їх вибору продукції.

Основою косметичних засобів є в основному жири тваринного та олії рослинного походження, які сприяють відновленню ліпідного балансу в шкірі, забезпечують захист, підвищують еластичність і утримують вологу в шкірі. Але жири тваринного походження використовують рідше, ніж рослинні, так як вони повністю не вбираються, а утворюють плівку на поверхні шкіри, що пригнічує її функцію дихання [1].

Рослинні олії (соняшникова, соєва, кукурудзяна, ріпакова та ін.), які використовуються як жирова фаза емульсійних продуктів, як правило, не мають збалансованого жирнокислотного складу.

Накопичений вітчизняний і закордонний досвід [2] свідчить, що найбільш ефективнішим шляхом розробки жирової основи емульсійних косметичних засобів є корекція його жирнокислотного складу за рахунок купажування рослинних олій.

Метою даного дослідження є розробка складу жирової основи косметичного крему, що буде поводити себе як ефективний емомент.

З метою створення жирової основи крему, що буде являти собою купажовану олію підвищеної біологічної цінності, обрано дві олії, які мають в своєму складі ряд цінних біологічно активних речовин. Для розробки купажу обрано такі рафіновані рослинні олії як соняшникова та пальмовий олеїн. В ході дослідження проведено дослідження органолептичних, фізико-хімічних показників та визначено жирнокислотний склад обраних олій.

Доведено, що купажована олія, вироблена з використанням пальмового олеїну і соняшникової олії, окрім підвищення стабільності до окиснення, виконує функцію збагачення жирової основи на насичені і мононенасичені жирні кислоти, що, в свою чергу, має відповідати вимогам до ефективного емоменту у складі обраного косметичного засобу.

### **Література:**

1. Марголина А.А. Новая косметология. / А.А. Марголина, Е.И. Эрмандес, О.Э. Зайкина. М.: ООО «Клавель», 2000 г. – 204 с.
2. Прокопенко, Л.Г. Полиненасыщенные жирные кислоты в растительных маслах / Л.Г. Прокопенко, Л.И. Бойняжева, Е.В. Павлова // Масложировая промышленность, 2009. – №2. – С. 11 – 12.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО СКЛАДУ ЕЛЕКТРОЛІТУ НА ШВИДКІСТЬ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ В ЛУЖНОМУ РОЗЧИНІ

Забіяка Н.А., Байрачний В.Б.

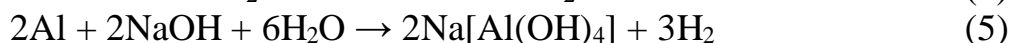
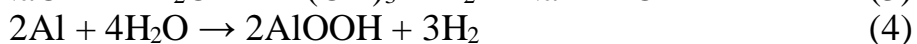
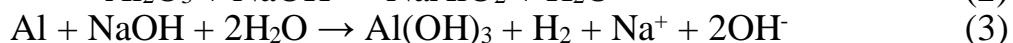
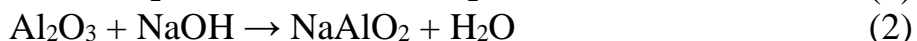
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В сучасних умовах в різних галузях науки і техніки активно проводяться дослідження нових методів отримання водню, серед яких одне із провідних місць відводиться його синтезу на основі сплавів алюмінію. Перспективним являється хімічний низькотемпературний спосіб отримання водню шляхом взаємодії сплавів алюмінію в лужних розчинах з домішками активаторів. Актуальність даної теми має ряд переваг в порівнянні з традиційними способами синтезу водню, що дозволяє одержати тепло без вуглецевої сировини та має економічну доцільність.

В роботі вивчені умови отримання водню в лужних розчинах. Визначена швидкість розчинення сплаву алюмінію марки АК7, до складу якого входить 6 – 8 % силіцію. В сплаві силіцій має невеликий вплив на швидкість розчинення, утворюючи кисневі сполуки типу іонів  $\text{SiO}^{2-}_3$ , які при розчиненні дифундують з поверхні сплаву практично не перешкоджаючи процесу розчинення. Досліджено вплив концентрації гідроксиду натрію та концентрацій активаторів з галогенідів, які використовуються для підвищення продуктивності водню.

На основі проведених досліджень та моделювання отримані емпіричні рівняння швидкості виділення водню в залежності від основних факторів: складу електроліту, сплаву, стану поверхні сплаву та температури.

В результаті зазначених даних запропоновані оптимальні складові розчинення сплаву АК7, який відповідає вмісту електроліту 2,5 – 5 моль/дм<sup>3</sup> гідроксиду натрію, 0,1 моль/дм<sup>3</sup> фторидів або хлоридів, стан поверхні  $\nabla 3-5$  класу чистоти ( $R_a = 2,5 - 5$  мкм) і температури 293 – 298 К. Вказані умови розчинення сплаву впливають на швидкість взаємодії сплаву з електролітом при протіканні наступних реакцій:



Швидкість виділення водню не в повній мірі відтворюється рівнянням (1). В лужно-хлоридних розчинах при  $\text{pH} > 12$  водень виділяється за рахунок розкладання води, а також гідроксильних іонів. Швидкість синтезу водню залежить від природи сполук, що утворюються в умовах розчинення сплаву. Це сполуки алюмінію, гідроксиди, гідратовані оксиди домішок в сплаві (силіцію, заліза та мангану). За допомогою проведених досліджень розроблено екологічно безпечний, менш енергоємний, економічно доцільний спосіб синтезу водню. Отримані дані являються перспективними в проблемі алюмоводневої енергетики.

## **АНТИВОЗРАСТНОЙ КРЕМ ДЛЯ ЛИЦА**

**Зайцева. Е.А., Овсянникова Т.А.**

***Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков***

Старение – это неотъемлемая часть жизненного пути каждого человека. Особенно щепетильно к этому вопросу относятся женщины. Они стараются отсрочить этот момент как можно дольше, поэтому прибегают к разным способам: использование косметических средств, хирургические вмешательства и другие манипуляции. Самый бюджетный способ – это использование антивозрастных кремов для кожи лица и зоны декольте, крем от морщин вокруг глаз и крем-лифтинг для лица.

Актуальность этой темы заключается именно в том, что эти продукты являются востребованными для потребителей разных возрастных категорий.

Антивозрастной крем обладает разнонаправленным действием из-за функциональных особенностей находящихся в нем компонентов. Одна из самых распространённых рецептур содержит в себе гигроскопичные агенты, такие как гиалуроновая кислота, глицерин, пропиленгликоль, пантенол. Они абсорбируют влагу и создают влагоудерживающий барьер на поверхности эпидермиса, который смягчает и разглаживает кожу. Очень часто в качестве рецептурного компонента вводятся антиоксиданты, которые замедляют процесс окисления клеток, защищая их от вредоносного воздействия свободных радикалов, и, как следствие, от преждевременного старения.

Мы предлагаем рецептуру антивозрастного крема, в которую входит коллаген (для лифтинг эффекта) и ретинол (для сокращения глубоких морщин и пигментации). Такой крем позволит воздействовать на разные механизмы старения, такие как дегидратация кожи, снижение эластичности и тонуса.

Таким образом, разработанный антивозрастной косметический крем, обогащенный коллагеном и ретинолом, положительно влияет на кожу и имеет привлекательную стоимость для производителей и покупателей.

Антивозрастной крем подбирается с учетом возраста потребителя. В составе крема часто присутствуют растительные экстракты, обладающие разной степенью биологической активности. Предложенные нами компоненты гипоаллергенны и усиливают действие растительных экстрактов.

### **Литература:**

1. Марголина А.А. Новая косметология. / А.А. Марголина, Е.И. Эрмандес, О.Э. Зайкина. М.: ООО «Клавель», 2000 г. – 204 с.
2. Башура А.Г. Индивидуальная рецептура в косметологии и аромологии. Серия «Косметология и аромология». / Башура А.Г., Андреева С.В., Мартынюк Т.В., Баранова И.И. – Х.: Синтекс, 2008. – 272с.
3. <https://sunmag.me/sovety/12-01-2014-antivozrastnoj-krem-vidy-retsepty-domashnikh-antivozrastnykh-kremov.html>
4. <https://skin.ru/article/antivozrastnoj-krem-dlja-lica/#28>

## **ОДЕРЖАННЯ КИСНЕВМІСНИХ ПОХІДНИХ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ ЯК БАЗОВОЇ ОЛИВИ ДЛЯ ДВЗ**

**Заратуйко А.О., Касьяненко Л.М., Демидов І.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У зв'язку з постійним погіршенням екологічного стану, в усьому світі різко зріс інтерес до практичного використання продуктів рослинного походження, зокрема мастильних матеріалів. Вони нетоксичні, мають високу біорозкладність, а сировина для виробництва – поновлювана.

Застосування паливно-мастильних матеріалів з поновлюваних джерел дозволяє не тільки вирішити енергетичну проблему, але і помітно знизити екологічне забруднення ґрунту, зменшити токсичність вихлопних газів сільськогосподарської техніки. Постійне зростання вимог до зниження забруднення навколишнього середовища висуває рослинні оливи на одне з перших місць, що обумовлює їх застосування, як досить перспективний напрямок виробництва паливно-мастильних матеріалів з точки зору екології.

Основними технічними перевагами рослинних олив в порівнянні з нафтовими мастилами є те, що вони мають майже однакові трибологічні властивості та в'язкість. Поліпшити ці показники можна за допомогою введення додаткових функціональних груп в рослинні олії. Одним з найбільш поширених методів хімічної модифікації (функціоналізації) є окиснення, зокрема, епоксидування пероксидними сполуками.

Робота має на меті розробку технології одержання мастильних матеріалів на базі соняшникової олії. Проведено епоксидування рослинної оливи по реакції Прилежаєва. У якості базової епоксидуючої системи була обрана суміш перекису водню та оцтової кислоти в присутності каталізатора – сірчаної кислоти. Додавання окисної системи проводили дозовано, утримуючи температуру 50...55 °С, потім суміш витримували при постійному перемішуванні при 75 °С протягом 120 хвилин, відбираючи проби кожні 30 хвилин.

Контроль епоксидування соняшникової олії здійснювався визначенням йодного числа по методу Маргошеса. Спостерігалось зниження показань в залежності від часу проходження реакції. У вихідній олії цей показник становить – 154 г, після 30 хвилин – 120 г, 60 хвилин – 57 г, 90 хвилин – 45 г, 120 хвилин – 14 г. Зменшення йодного числа свідчить про зниження ступенню ненасиченості триацилгліцеролів, а саме приєднання епоксигруп на місці подвійного зв'язку. Епоксидні похідні можуть бути основою для одержання інших кисневмісних сполук, більш стійких при їх використанні (наприклад, гідроксилвмісних похідних, та інших).

Таким чином, показана можливість модифікації соняшникової олії, яка може бути базою для створення мастильних олив.

## **ОТРИМАННЯ ВОДНЮ З ВОДИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГОАКУМУЛЮЮЧИХ РЕЧОВИН**

**Зіпунніков М.М., Бухкало С.І.\*, Котенко А.Л.**

*Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України,*

*\*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут»,*

*м. Харків*

Розширення сфер застосування водню пов'язують з якісними змінами, що відбуваються у даний час в хімічній, машинобудівній, металургійній промисловості та енергетиці. Водень широко використовується для синтезу аміаку, хлористого водню, метанолу і для виробництва малих об'ємів спеціальних хімікалів, а саме перекису водню при виробництві персолей та пральних порошків. На даний момент сировиною для отримання водню є вуглеводні. В перспективі, у зв'язку із безперервним збільшенням вартості нафти і газу, вода буде головним джерелом отримання водню. У зв'язку із цим, в більшості високорозвинутих країн інтенсивно розробляються технології отримання водню з води. Висока калорійність і відсутність шкідливих речовин, у продуктах згоряння, визначають значні переваги водню у порівнянні з іншими видами палива [1 – 3].

На автономних об'єктах, зокрема на метеостанціях та в аеростатних організаціях, застосовують силіколевий спосіб отримання водню з води із використанням сплаву феросиліцію, що випускається промисловістю (ФС 75). Силіколем називають сплав кремнію і заліза. Кремній є основним елементом, що витісняє водень з води у присутності лугу.

Простота обслуговування і порівняно висока продуктивність – головні переваги установок, які використовують силіколевий спосіб. Впровадження більш економічних методів та устаткування стримується тим, що загальна теорія взаємодії сплавів з водою знаходиться на початковій стадії свого розвитку. Здешевлення процесу утворення водню можливе за рахунок отримання необхідних енергоакумуючих речовин з відходів вугілля, у складі яких присутні домішки лужноземельних металів.

### **Література:**

1. Соловей В.В. Энергосберегающие технологии генерации и энерготехнологической переработки водорода / В.В. Соловей, А.И. Ивановский, Н.А. Черная // Компрес. и энерг. машиностроение. – 2010. – № 2 (20). – С. 21–24.
2. Соловей В.В. Повышение эффективности процесса генерации водовода в электролизерах с газопоглощающим электродом / В.В. Соловей, А.А. Шевченко, И.А. Воробьева // Вестн. Харьк. нац. автомоб.-дор. ун. – 2009. – Вып. No 43. – Харьков. – С. 69–73.
3. Зипунников Н.Н. Эксергетический анализ электрохимических систем генерации водорода высокого давления / И.А. Воробьева, А.А. Шевченко, Н.Н. Зипунников: матеріали XXVI міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків.: НТУ «ХПІ», Ч.2 – 2018. – С. 232.

## БЕЗКИСЛОТНИЙ АТЕРМІЧНИЙ СПОСІБ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ПОЛІГАЛІТУ В КАЛІЙНІ ДОБРИВА

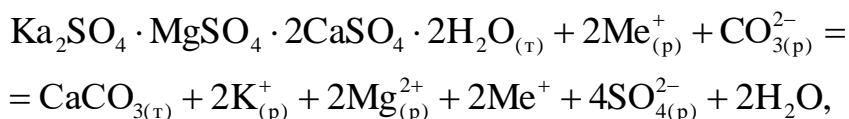
Іванченко Л.В., Бочевар І.В., Плачков І.Г.

*Одеський національний політехнічний університет,  
м. Одеса*

Полігаліт є потрібною гідратованою сіллю сульфатів калію, магнію і кальцію складу  $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$ . Це практично нерозчинний у воді мінерал є побічним продуктом перероблення полімінеральних калійних руд, який поки не використовується. Дуже поширений полігаліт і у вигляді індивідуальних природних родовищ. Існують два основні методи його перероблення в калійні добрива: термічний, за яким полігаліт попередньо прожарюють за 450...500 °С і потім вилугуюють за 100 °С та розкладання полігаліта нітратною кислотою з наступним переробленням в комплексні добрива, що пов'язано з утворенням агресивних середовищ і вимагає застосування дорогої апаратури в корозійностійкому виконанні.

Попередньо за допомогою діаграми чотирикомпонентної системи  $K_2SO_4 - MgSO_4 - CaSO_4 - H_2O$  було розглянуто можливий механізм взаємодії полігаліту з водою та встановлено, що в процесі контактування полігаліту з чистою водою, він не може бути стійким і повинен інконгруентно розпадатися з утворенням двох нових твердих фаз – гіпсу  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  і сінгеніту  $K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$ . Однак результати експериментальних досліджень багатьох авторів, свідчать про досить обмежену розчинність полігаліту у воді, практично про її відсутність за звичайних температур, що підтверджено також нашими дослідженнями. Все це пояснюється, мабуть, відомим в сольових технологіях явищем утворення на поверхні частинок захисних плівок з кристалів продуктів реакції (гіпсу і, можливо, сінгеніту), які осідають на зернах полігаліту, перешкоджаючи його подальшому розчиненню, а у випадку компактного дотику зерен, зрощують їх між собою сольовими містками. Отже, процес водного розкладання полігаліту не може бути використаний в промисловості.

Нами ведуться дослідження атермічного безкислотного способу перероблення полігаліту, суть якого полягає в карбонатної конверсії полігаліту:



где  $Me^+$  – ионы  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ .

В серії дослідів полігаліт обробляли 40 % водним розчином  $(NH_4)_2CO_3$ , який брали у надлишку 5% від стехіометричної норми. Тривалість процесу залежить від розміру фракції полігаліту і знаходиться в межах 30...60 хв. Розрахований коефіцієнт розкладання полігаліту досягає 90 % і більше.

Аналогічним чином були випробувані розчини калію карбонату для розкладання полігаліта. Цей варіант може виявитися кращим за наявності дешевого і доступного джерела поташу. Отже, результати проведених досліджень свідчать про розширення області використання методу карбонатної конверсії та можливості його застосування для організації промислового перероблення полігаліту.



## **ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ АНАЛІЗУ ЯКОСТІ РОЗЧИНІВ КАС**

**Іванченко Л.В., Крутій О.В., Мартиненко К.А.**  
*Одеський національний політехнічний університет,  
м. Одеса*

Для підвищення врожайності сільськогосподарських культур все більший розвиток одержують рідкі добрива, що мають певні переваги порівняно з твердими добривами: їх одержують за економічними, технологічно компактними, маловідходними укороченими схемами. Агрономічні переваги рідких добрив полягають в рівномірнішому розподіленні живильних речовин у ґрунті, що підвищує ступінь їхнього використання.

Серед рідких азотних добрив, що випускаються, високу агроекономічну ефективність мають водяні розчини карбаміду і амонійної селітри, які одержали назву КАС, які є не тільки чудовим одинарним азотним добривом – на їхній основі може бути організовані готування і внесення в ґрунт рідких змішаних (комплексних) добрив.

Розчини КАС можуть вироблятися за однією із трьох схем: з твердих (гранульованих) карбаміду і амонійної селітри, з плаву карбаміду і амонійної селітри та за інтегральною схемою. На цей час розчини КАС виробляються на установках безупинної дії шляхом змішання розчинів амонійної селітри і карбаміду. Досить перспективною є інтегральна схема, що на даний час не реалізована в підприємстві.

У зв'язку з актуальністю завдання визначення якості готового продукту як на діючих виробництвах, так і під час перевантаження та споживання, тривалими та трудомісткими існуючими методики, розроблений експрес-метод визначення складу розчинів за їхніми фізико-хімічними властивостями.

Розроблений метод дає змогу оперативно і з необхідною точністю визначити вміст карбаміду і амонійної селітри в досліджуваному розчині за комбінацією з будь-яких двох відомих властивостей: густині, питомої електропровідності, коефіцієнта переломлення. Оцінка точності розрахунків за розробленою методикою дає змогу зробити висновок, що найраціональнішим є використання сполучення густини і питомої електропровідності розчину, оскільки в цьому випадку ізолінії цих властивостей перетинаються під найбільшим кутом (особливо в області розчинів КАС), що збільшує точність визначення якості продукту.

Порівняння результатів розрахунків за розробленим експрес-методом з технічними умовами визначення якості готового продукту показало збіжність результатів (відхилення менш 10 %) для стандартних розчинів КАС. Проте, було виявлено деякі недоліки існуючих технічних умов, що визначає необхідність їхньої доробки і удосконалювання.

Можливий подальший розвиток запропонованого експрес-методу і підвищення точності визначень шляхом урахування лужності і наявності інгібітору корозії в готовому продукті.

## **ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ ВІД НЕГАТИВНОЇ ДІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

**Іващенко М.Ю.**

*Харківський національний університет міського господарства  
імені О.М. Бекетова, м. Харків*

Технічний прогрес та впровадження технічних інновацій призводить до підвищення електромагнітного фону, що негативно впливає на біологічні та технічні об'єкти. У сучасному місті джерелом основних штучних електромагнітних полів, що оточують людину, побутові прилади, комп'ютери, мобільні телефони, електротранспорт, різні електроенергетичні установки, лінії передачі постійного струму та інші електротехнічні пристрої, в яких використовується постійний струм. На сьогоднішній день доведено негативний вплив електромагнітних випромінювань на організм людини та технічні об'єкти, однак, цей вплив досліджено недостатньо.

Зазвичай для захисту від електромагнітного випромінювання використовують металеві споруди, сплави різних металів, спеціальні лакофарбові матеріали, металізовані матерії та інше. Також для захисту широко використовують керамічні матеріали у вигляді плитки та блоків, котрі поєднані між собою шовним матеріалом. Однак, дані матеріали мають ряд недоліків: дефіцитність, дороговизна, енергоємність, матеріали піддаються атмосферному впливу, або потребують проведення попередніх робіт в заводських умовах. На виробничих об'єктах виникає необхідність створення великогабаритних монолітних конструкцій, а для цього підходять в першу чергу, бетонні та набивні маси, основою яких є спеціальні в'язучі матеріали. Тому актуальною є розробка фізико-хімічних основ отримання захисних композиційних будівельних матеріалів спеціального призначення.

Вирішити вказану проблематику можна шляхом створення теоретичної концепції отримання спеціальних композиційних матеріалів, яка базується на прогнозуванні необхідних комбінацій фаз з врахуванням фундаментальних законів термодинаміки в додатку до фазових рівноваг багатокомпонентних систем в субсолідусній області. Одною з таких систем є барійвмісна система  $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ , яка у своєму має складі алюмінати барію, які забезпечують композиційні матеріали в'язучими властивостями, а також ферити барію, які надають даним матеріалам захисні властивості.

В'язучі матеріали поліфункціонального призначення з високими експлуатаційними характеристиками на основі барійвмісної системи  $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$  можуть знайти своє застосування як в'язучий матеріал у складі бетонів для виробів різної складної конфігурації, в якості шовного матеріалу у енергетичній, будівельній, хімічній та нафтохімічній галузях промисловості. Використання розроблених матеріалів дозволить знизити затрати на виготовлення виробів для захисту від електромагнітного випромінювання.

## **ШЛЯХИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА БЛОЦІ ПОПЕРЕДНЬОГО ФРАКЦІОНУВАННЯ ПРЯМОГОННОГО БЕНЗИНУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПІНЧ-ТЕХНОЛОГІЙ**

**Ільченко М.В., Миронов А.М., Кобилянська В.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Наразі Україна має значний потенціал подальшого соціально-економічного розвитку та сприятливі умови його забезпечення енергією. Вона займає вигідне геополітичне і географічне положення та є одним з найбільших транспортерів паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) до Європи. Запаси вугілля й урану, наявні потужності для транспортування енергоносіїв, розвинена інфраструктура нафтових, газових, електричних і теплових мереж, встановлені потужності електростанцій загалом достатні для забезпечення майбутніх потреб економіки країни в усіх потрібних видах первинної енергії. Власними ресурсами нафти й газу Україна забезпечена лише частково, але вона є основним транспортером цих ресурсів до Європи, маючи усі можливості їх імпорту наявними газо- і нафтогонами з Росії та країн Східної Азії – регіонів з найбільшими світовими запасами природного газу й другими за обсягами запасами нафти.

Останніми роками вартість енергії в цілому та палива для машин зокрема суттєво зросла. Усе біль очевидним стає питання щодо забезпечення промисловості та населення паливними ресурсами. Разом з тим, здешевшення подібної продукції є неможливим без достатньо технологічного виробництва, яке буде не тільки високоефективним з точки зору продуктивності, але й енергетично ощадним у своїх власних потребах. Метод такої економії все існують досить давно, однак їхнє запровадження на вітчизняних виробництвах рухається доволі повільно.

Один з таких методів, відомий під назвою «пінч-аналіз», з'явився у індустріально розвинених країнах під час нафтової кризи 70-х років минулого століття. Основна заслуга розвитку цього метода як технології проектування складних теплообмінних систем належить колективу кафедри Інтегрованих процесів Університету Манчестерського інституту науки та технологій на чолі з професором Бодо Лінхофом та Робертом Смітом.

Пінч-технологія надала інженерам-конструкторам, технологам та проектувальникам потужний інтерактивний інструмент, який принципово відрізняється від математичних методів, які існували на той час та були подібні до «чорного ящика».

Застосовуючи принципи пінч-технології, інженер може використовувати прості та зрозумілі принципи й правила, що враховують контроль і управління, компоновання та комунікації підприємства, безпеку, контроль забруднення навколишньої середовища і т. д. з метою отримання інтегрованого проектного рішення, яке, як правило є не тільки енергетично оптимальним, але й технічно прийнятним і здійсненним.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ЦЕРИЯ НА ТЕСТ-СИСТЕМАХ**

**Ильина А.Т., Климова Е.М., Огурцов А.Н.**  
*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Главным фактором риска применения медицинских нанотехнологий является недостаток информации о взаимодействии конкретных наночастиц с человеческим организмом. Сегодня ещё неизвестно, как они влияют на отдельный организм или даже на колонию микроорганизмов. Механизм действия нанообъектов на живые структуры связан с их концентрацией и размерами. Для живого организма действие наночастиц проявляется в возникновении воспалительных процессов в отдельных органах и тканях, а также снижении иммунитета [1].

Целью работы является исследование возможного воздействия различных концентраций наночастиц диоксида церия ( $\text{CeO}_2$ ) на тест-системах. Наночастицы диоксида церия – перспективный материал для биомедицинского применения, поэтому актуальным является изучение его действия на клетки человека, клетки иммунной системы и на организм в целом.

На основе проведенного исследования токсичности наночастиц диоксида церия при помощи клеточного биоиндикатора D.Viridis было показано, что низкие концентрации и размеры меньше 10 нм наночастиц  $\text{CeO}_2$  не влияют на жизнеспособность и морфофункциональные свойства клеток [2]. Наночастицы высоких концентраций с размером более 10 нм способны повреждать биомембраны, нарушать функции биомолекул, в том числе молекул генетического аппарата клетки и клеточных органелл, что приводит к нарушению регуляторных процессов и гибели клетки.

Дополнительно была исследована интенсивность синтеза ДНК в спонтанной культуре лимфоцитов периферической крови и под действием наночастиц диоксида церия. В результате было установлено, что наночастицы диоксида церия с концентрацией 0,01 М стимулируют лимфоциты периферической крови человека к синтезу ДНК и активируют репликацию. Возможно, проникая в клетку, они активируют транскрибирующие факторы, репликацию, а также усиливают ионный транспорт.

Полученные результаты могут быть использованы для тестирования наночастиц различного размера и концентрации для дальнейшего их использования в биомедицинских целях.

### **Литература:**

1. Мышкина А. В. Исследование токсичности наночастиц диоксида церия [Электронный ресурс] / А. В. Мышкина, Н. С. Демина // Молодежный научный форум: Естественные и медицинские науки: электр. сб. ст. по мат. XXX междунар. студ. науч.-практ. конф. № 1 (29). – Режим доступа : <https://nauchforum.ru/studconf/med/xxx/9616>.
2. Ільїна О. Т. Корекція порушень диференціювання лімфоцитів за допомогою наночастинок: дипл. робота / О. Т. Ільїна. – Харків, 2018. – 82 с.

## РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧНОСТИ ПГУ

Кандеева В.В., Губарь Л.Б., Денисова А.Е., Петровский Д.О.

*Одесский национальный политехнический университет,*

*г. Одесса*

Резервом повышения экономичности современных парогазовых установок (ПГУ) является совершенствование основного и вспомогательного оборудования, в первую очередь, паровой турбины, а также совершенствование процессов передачи тепла от газов к пароводяному циклу с минимальными потерями эксергии тепловых потоков. На рис. 1 представлено распределение температур теплоносителей для ПГУ с котлом утилизатором и промежуточным перегревом пара [1]. Анализ процессов теплообмена газ-пар и вода показывает, что перепады температур между греющей и нагреваемой средой значительны ( $170...200^{\circ}\text{C}$ ). Это наблюдается и в области пароводяного тракта среднего давления и экономайзера высокого давления.

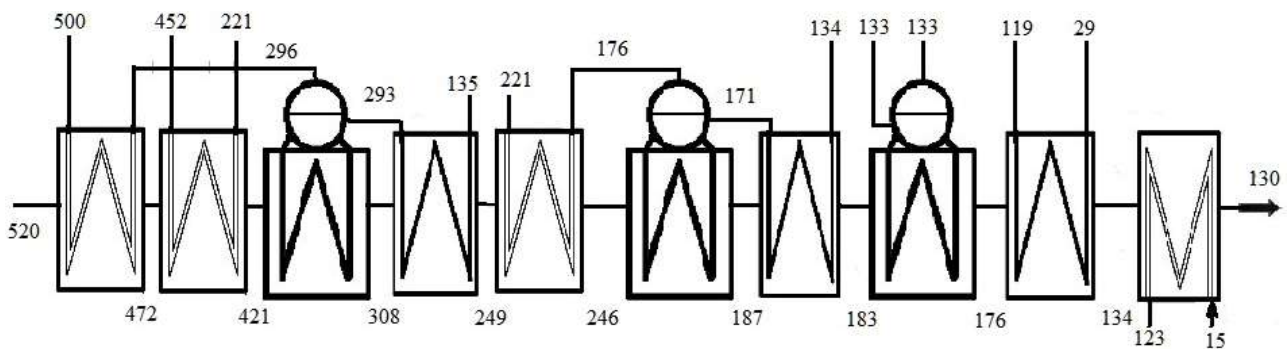


Рис. 1 – Распределение температур по газо-пароводяному тракту

Для снижения температурного перепада между газами и рабочим телом парового цикла и снижения необратимости процессов теплообмена, соответственно, предлагается параллельная схема подогрева питательной воды контура высокого давления и рабочего тела контура среднего давления [1].

Анализ результатов исследования экономичности ПГУ с параллельными потоками газа в котле утилизаторе показывает, что при введении параллельного подогрева КПД цикла повышается, по сравнению с данными, полученными для ПГУ с котлом утилизатором и промежуточным перегревом пара за счет совершенствования процессов передачи тепла от газа к пароводяному тракту путем снижения температурных напоров и предотвращением смешения потоков с разным потенциалом.

### Литература:

1. Мазуренко, А.С. Парогазовая установка повышенной экономичности за счет снижения необратимости процессов теплообмена в котле-утилизаторе / А.С. Мазуренко, А.Е. Денисова, В.В. Кандеева, Л.Б. Губарь // Вісник НТУ «ХП». 2018. № 18 (1294). – С. 10–14.

## **КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ ОКСИДОВАНОЇ СТАЛІ 08X18H10 У ХЛОРИДНИХ РОЗЧИНАХ**

**Кануннікова Н.О., Штефан В.В., Підреза В.П.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Нержавіючі сталі мають високу стійкість проти загальної корозії, але у середовищах із підвищеним вмістом хлорид-іонів, до яких відноситься і морська вода, вони схильні до пітингування [1, 2]. Так, вплив хлоридів на стійкість хромонікелевих сталей у присутності кисню призводить до міжкристалітного корозійного руйнування, що пояснюється здатністю іонів хлору адсорбуватися оксидними плівками і витіснити із них кисень, утворюючи при цьому розчинний хлорид заліза [3].

Вирішення питань забезпечення надійної працездатності сталей та сплавів в умовах дії технологічних середовищ є пріоритетною задачею, що зумовлює необхідність розробки нових та удосконалення існуючих протикорозійних систем. Одним із шляхів запобігання корозії є нанесення покриттів методом електрохімічного оксидування, які блокують доступ кисню до металевої поверхні та утворюються із сполук складу електроліту та продуктів розчинення матеріалу [4]. Метою даної роботи є електрохімічні дослідження у хлоридних розчинах швидкості корозії оксидних композицій, модифікованих сполуками вентильних металів таких як, молібден, цирконій, алюміній, титан.

Для оцінки корозійної стійкості оксидованої нержавіючої сталі у 3 % розчині NaCl застосований метод поляризаційного опору. Для визначення  $R_p$  були одержані поляризаційні залежності сталі 08X18H10 з оксидними композиціями поблизу потенціалу корозії при катодних і анодних струмах, які вказують, що введення до складу покриттів вентильних металів зміщує потенціал корозії в електропозитивну сторону. Розраховані анодні та катодні постійні Тафеля. Одержані результати свідчать про те, що найбільш високою корозійною стійкістю володіють покриття одержані із алюмінійвмісного електроліту.

### **Література:**

1. Loto R.T., Joseph O.O., Akanji O. Electrochemical corrosion behaviour of austenitic stainless steel (type 304) in dilute hydrochloric acid solution. J. Mater. Environ. Sci. 2015. Vol.6, No.9. P. 2409-2417.
2. Shtefan V. and etc. Influence of chloride on the anode dissolution of aisi 304 steel. Science, research, development. Technics and technology: monografia pokonferencyjna, Rotterdam, 29.11-30.11.2018, Rotterdam, 2018. No 11. P. 62–64.
3. Баламут Н. С., Штефан В. В., Кануннікова Н. А. Анодное поведение стали 08X18H10 в хлоридных растворах // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XXVI Міжнар. наук.-практ. конф., 16-18 травня 2018р.: тези доп. – Харків:НТУ" ХПІ", 2018. – Ч. II. – 186с.
4. Shtefan V., Kanunnikova N., Pilipenko A., Pancheva H. Corrosion Behavior of AISI 304 Steel in Acid Solutions. Materials Today: Proceedings. 2019, Vol. 6, No. P2, pp. 149-156.

**МЕТАЛОКСИДНІ СИСТЕМИ: СИНТЕЗ І МОДЕЛЮВАННЯ**  
**Каракуркчі Г.В., Сахненко М.Д., Ведь М.В., Майба М.В., Овчаренко О.О.**  
*Національний технічний університет*  
*«Харківський політехнічний інститут»,*  
*м. Харків*

В поточний час серед гальванічних покриттів значну роль відіграють композитні матеріали з металевою матрицею, до складу яких в ролі другої фази інкорпоровано оксиди алюмінію, титану, цирконію та ін. Застосування саме металевої матриці, яку формують на спорідненій підкладці, має численні переваги – високі електро- і теплопровідність, корозійна і зносостійкість, пружність, здатність до деформації та ін. Водночас не менш розповсюдженими є і оксидні покриття, головним чином на вентильних металах, – титані, цирконії, алюмінії, ніобії, танталі. В деяких галузях промислового виробництва (гетерогенний та фотокаталіз, сенсорні елементи, нано- та мікроелектроніка) до складу таких оксидних покриттів включають в ролі легувальних компонентів метали та їхні оксиди, що надає змогу суттєво покращувати функціональні властивості гетерооксидних композитів.

Нами було сформульовано [1] нову парадигму хімічного матеріалознавства в царині створення металоксидних композитних *smart* матеріалів (МКМ) на підґрунті варіативності технологічних засад наноструктурних металоксидних систем. Серед практично реалізованих технологій МКМ можна виділити численні групи способів, які різняться за технологічними принципами – металургійні, термоконденсаційні, просочування та випалу, полімеризації, золь-гель і т.і., однак гальванохімічні методи, візитівкою яких є одностадійність, високий рівень адаптації до автоматизації та робототехніки, гнучке керування перебігом і продуктивність є майже безальтернативними.

Істотно, формування МКМ є багатовекторним завданням, яке вимагає врахування численних взаємопов'язаних чинників синтезу (ЧС) – природа структуротвірного матеріалу «матриці» і «другої фази», склад і співвідношення компонентів електролітів, природа струму (анодний, катодний, реверсивний), режим електролізу (стаціонарний, нестаціонарний, імпульсний і т.п.) і його амплітудні та часові параметри, термобаричні та магнітні поля та ін. Для розв'язання такого завдання нами використано ефективний апарат сучасних інформаційних технологій – штучні нейронні мережі ШНМ [2]. Їх застосування до опису процесів формування та формалізації властивостей МКМ надало змогу визначити значущі ЧС, провести моделювання споживчих властивостей МКМ та оптимізацію їх складу відповідно до галузей застосування.

**Література:**

1. Сахненко М.Д. Інверсія структурної матриці композиту – шлях до пошуку нових знань / М.Д.Сахненко, М.В. Ведь Г.В. Каракуркчі / XX Українська конференція з неорганічної хімії : Тези доповідей. – Дніпро : ЛПРА, 2018. – С.142.
2. Ведь М.В. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами : електрохімічний синтез, прогнозування властивостей : монографія / М.В.Ведь, М.Д.Сахненко. – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – 272 с.

## **ПОЛІПШЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІЕФІРНИХ СКЛОПЛАСТИКОВИХ ВИРОБІВ**

**Карандашов О.Г., Авраменко В.Л., Підгорна Л.П.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Використання склопластиків дозволяє знизити витрати чорних та кольорових металів та деревини. Володіючи значними технічними та економічними перевагами перед традиційними (природними матеріалами), склопластики відчиняють додаткові можливості для створення принципово нових конструкцій, зниження ваги машин та обладнання, підвищення їх надійності та строку використання.

Метою дослідження було підвищення експлуатаційних властивостей поліефірних склопластиків.

Для цього використовували зв'язні на основі ізофталевого поліефірного олігомеру Palatal P69-02, епоксिनволачного вінілефірного олігомеру Atlas 590, поліефірного олігомеру Arapol K-530 та різних твердників холодного та гарячого тверднення: метилізобутилкетонпероксиду Curox I300, третбутилпероксидбензоїлу TBPB та метилетилкетонпероксиду Butanox M-50. Як каталізатор використовували 6 %-й розчин нафтенату кобальту у стиролі. Модифікаторами були обрані поліуретанові олігомери марок Пластур і УРЕП.

У склопластикових виробах (трубах), які одержували на основі поліефірних зв'язних оптимальних складів після низки технологічних досліджень з установаження потрібної температури (100 – 110 °С), часу тверднення (не більше 10 хв.) та життєздатності при 30 °С не менше 2 годин), досліджували фізико-механічні показники: ударну в'язкість, руйнівну напругу у кільцевому напрямі, руйнівну напругу при вигині та теплостійкість за Мартенсом.

Руйнівне напруження при кільцевому розтягу визначали шляхом розтягування кільцевих зразків склопластикових труб по їх площині за допомогою внутрішнього тиску, який створюється жорсткими напівдисками пристрою випробувальної машини.

Було встановлено, що модифікатори Пластур і УРЕП в кількості до 10 % мас. добре впливають на якість просочування склоровінгу зв'язним, підвищують показники ударної в'язкості склопластику зі 140 до 160 кДж/м<sup>2</sup>, руйнівного напруження при кільцевому розтягу отриманих склопластикових труб – з 320 до 380 МПа, руйнівної напруги при вигині затвердненого зв'язного – з 80 до 85 МПа. Теплостійкість за Мартенсом отриманих склопластиків підвищується з 80 до 110 – 120 °С.

Таким чином, розроблені склади поліефірних склопластиків, які мають достатньо високі фізико-механічні показники і можуть бути рекомендовані, наприклад, для виробництва склопластикових труб методом косошарого поздовжньо-поперечного намотування і використання їх при транспортуванні каналізаційних стоків та різних рідких середовищ при підвищеній температурі.



## УТВОРЕННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЯ КОКСОХІМІЧНИХ ВІДХОДІВ

Карножицький П.В., Білець Д.Ю.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Сучасне коксохімічне виробництво включає в себе десятки технологічних процесів в результаті яких, нажалі, поряд з цільовими продуктами утворюється велика кількість побічних продуктів і відходів [1, 2]. З урахуванням вимог до охорони навколишнього середовища проблеми використання, утилізації та захоронення відходів, які відрізняються, як правило, високою токсичністю, становлять велику проблему, бо це одне з найбільш «забруднюючих» виробництв.

Коксохімічні підприємства є містоутворюючими тому розташовані в регіонах зі значною концентрацією промислового виробництва і високою щільністю населення. Задля запобігання накопичення відходів та охорони довколишнього середовища серед розроблених способів їх утилізації найбільш розповсюджені:

- повернення до технологічного циклу (в шихту);
- використання як зв'язуючого дорожнього покриття;
- виготовлення паливних брикетів;
- отримання котельних та пічних палив.

Нажалі ці методи пов'язані із труднощами [3] та мають недоліки, оскільки побічні продукти являють собою суміш поліароматичних вуглеводнів (ПАВ) і при нагріванні з них утворюються різні канцерогенні сполуки, такі як флуорантен, бенз(а)пірен та ін.

Багаточисленними дослідженнями доведено, що для запобігання утворенню бенз(а)пірена та інших подібних сполук температура має бути не нижче 1600 – 1800 °С. Тому на кафедрі «Технології переробки нафти газу та твердого палива» НТУ «ХПІ» ведуться роботи з переробки коксохімічних відходів, таких як кам'яновугільні фуси, з отримання генераторного газу при високотемпературній обробці [4].

### Література:

1. Борисенко А.Л. Отходы и побочные продукты коксохимического производства. Классификация, нормирование и направления квалифицированного использования / А.Л. Борисенко, М.И. Близнюкова, Н.М. Голик// Углекислотный журнал. – 2017. - № 6. – с. 38-48
2. Борисенко А.Л. Регулирование выбросов загрязняющих веществ и обращение с отходами на коксохимических заводах Украины / А.Л. Борисенко, А.С. Малыш и др.// Углекислотный журнал. – 2015. - № 3-4. – с. 43-51.
3. Герман К.Е. Проблемы производства котельного топлива из коксохимического сырья/ К.Е. Герман, А.Л. Борисенко// Углекислотный журнал. – 2014. - № 5-6. – с. 48-54.
4. D. Yu. Bilets. Utilizing Viscous Organic Coke-Plant Wastes /D. Yu. Bilets, P. V. Karnozhitskiy, P. P. Karnozhitskiy// Coke and Chemistry, April 2018, Volume 61, Issue 4, pp 147–151.

## **ПІДВИЩЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ**

**Карпов Р.Р., Миколенко С.Ю.**

*«Дніпровський державний аграрно-економічний університет»,  
м. Дніпро*

Ринок хлібобулочних виробів має великий потенціал та забезпечує населення основними продуктами харчування. Сьогодні хлібопекарська галузь України завдяки наявним виробничим потужностям здатна розширювати асортимент продукції і забезпечувати населення різноманітними видами хлібобулочних виробів. Зважаючи на те, що все більше українців починають піклуватися про здоров'я зростає популярність нетрадиційних видів хліба дієтичного та лікувально-профілактичного спрямування, що містять зернові суміші, висівки, фруктозу, мед, горіхи, овочеві і фруктові добавки. Однак на таку продукцію припадає не більше 5 % ринку хлібобулочних виробів.

Насіння амаранту є унікальною псевдозерновою культурою, з якої виробляють широкий спектр харчової продукції, у першу чергу, амарантову олію і амарантове борошно. Білок зерна амаранту, порівняно з білком злаків, відрізняється високою якістю, яка обумовлена підвищеною концентрацією лізину, однією з найбільш цінних незамінних амінокислот, вміст якої в зерні амаранту становить 11,7 г на 100 г білка, що в 6 раз більше ніж в пшениці, та в два рази, ніж в соєвому борошні. Олія амаранту, завдяки своєму унікальному біохімічному складу має яскраво виражені профілактичні та лікувальні властивості. Амарантова олія є природним джерелом сквалену (до 8 %), що допомагає знизити рівень холестерину у крові, має антиоксидантну, імуностимулюючу дію на організм людини.

Встановлено, що вміст білка у амарантовому борошні становить  $14,6 \pm 0,4$  %, клітковини  $4,24 \pm 0,21$  %, золи  $2,81 \pm 0,07$  %. У хімічному складі амарантової олії також виявлено наступний вміст ненасичених жирних кислот: лінолевої 42 %, олеїнової 17 % та арахідонової 16 %. При цьому вміст ерукової кислоти становив 1 %, що задовольняє вимоги для олії, що може використовуватися на харчові цілі.

Було проведено пробні лабораторні випікання із введенням у рецептуру амарантового борошна і висівок, олії амаранту. Встановлено доцільність використання амарантового борошна у кількості 10 % до маси пшеничного борошна з огляду на формування споживчих характеристик виробів та поліпшення їх біологічної цінності. Дослідження складу хліба з додаванням 10 % амарантового борошна показало, що споживання 277 г даного виробу забезпечує значне збільшення білків на 90 % порівняно з пшеничним хлібом та покриває добову потребу організму людини в харчових волокнах на 50 %. Хліб, виготовлений за розробленими рецептурами, є постачальником вітамінів та мінеральних речовин, наприклад, вміст магнію у таких виробах зростає вдвічі. Можна відзначити, що досліджувані хлібобулочні вироби мають підвищену харчову цінність за рахунок збагачення їх поживними речовинами і дають можливість ширше використовувати та урізноманітнювати асортимент виробів функціонального призначення.

## **КОМПОЗИЦІЙНА РАДІОПОГЛИНАЮЧА КЕРАМІКА НА ОСНОВІ ТИТАНАТУ БАРІЮ**

**Карпутін Б.А., Я.М. Пітак Я.М., Кривобок Р.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Радіопоглинаючі матеріали використовують в якості захисних матеріалів для безехових камер, кожухів антен радіолокаційних станцій, обтічників літальних апаратів, які опромінюються радіохвилями. Функціональні властивості радіопоглинаючої кераміки визначаються їх здібністю поглинати електромагнітне випромінювання. В наш час найбільший інтерес викликають композитні багатошарові матеріали на основі титанату барію. Наповненість кожного шару композиту дозволяє регулювати ступінь поглинання електромагнітного випромінювання, це дозволяє створити багатошаровий матеріал з дуже низьким коефіцієнтом відбиття та повним поглинанням.

Авторами були проведені дослідження зі творення композиційної кераміки на основі титанату барію та славсоніту та вивчено їх діелектричні властивості. Технологія отримання дослідних зразків відбувалася у дві стадії. Перша стадія синтезу проходила за прискореним режимом: швидкість набору температури становила 15 град/хв, максимальна температура випалу складала 1350 °С; витримка при максимальній температурі – 1 година. Потім синтезована кераміка піддавалася помелу протягом 30 хвилин. Друга стадія виробу проходила при температурі 1270 °С з витримкою при максимальній температурі протягом 1 години.

Найкращі характеристики мав зразок з співвідношенням титанату барію до славсоніту 1:1, випалений при температурі 1270°С, в окислювальному середовищі, з витримкою при максимальній температурі 1 година, з часом помелу 20 хвилин з наступними властивостями: діелектрична проникність,  $\epsilon = 259,9$ ; водопоглинання  $\approx 7,55$ ; відкрита поруватість  $\approx 21,4$  %; уявна густина – 2840 кг/м<sup>3</sup>.

Методом рентгенофазового аналізу встановлено, що діелектричні властивості титанату барію залежать від розмірів кристалічної фази таким чином: чим більше кристали тим більше значення діелектричної проникності.

Аналіз отриманих даних показав, що за експлуатаційними характеристиками та властивостями, отримані матеріали відповідають необхідним вимогам, щодо визначення функціональності радіопоглинаючих матеріалів, та можуть бути рекомендовані для виготовлення другого шару.

## СЛЕЖИВАЕМОСТЬ ГРАНУЛИРОВАННОГО ПЕКА

Карчакова В.В.

*ГП «Украинский государственный научно-исследовательский  
углехимический институт (УХИН)»,  
г. Харьков*

В работе рассматриваются вопросы слеживаемости гранулируемых электродных пеков, с температурами размягчения 65 – 90 °С. Условия производства, дефекты, допускаемые при несоблюдении технологического режима на установке грануляции пека. Рассмотрено применение добавок дисперсного характера, с эффектом опудривания, а также водных растворов, содержащих поверхностно-активные вещества, и оказание их влияния на качественные показатели производимых пеков, а также проявление антислеживающего эффекта.

Слеживаемость для гранулированного каменноугольного пека – это потеря подвижности частиц при длительном хранении или при воздействии вибраций. При температуре от 37 до 80 °С гранулы пека размягчаются, сплавляются, образуя массу, которая трудно поддается раскалыванию при дальнейшем применении. Одной из причин слеживаемости пека является уменьшение площади поверхности его составляющих «гранул». В затвердевшем состоянии пек достаточно хрупкий и при механическом воздействии легко разламывается, образуя пыль. Не последнюю роль в слеживаемости готового электродного пека имеет технологический режим установки грануляции пека при его изготовлении. При нарушении основных параметров работы установки происходит изменение реологических свойств готового продукта. Наибольшему слипанию подвержен пек с температурой размягчения 55 – 75 °С. Процесс слипания пека с такой температурой размягчения начинается уже при 30 °С и в течение 1 – 2 недель составляет до 30 %. Электродный пек фасуется в биг-беги по 1,2 т. Наибольшему слипанию подвержены нижние слои упаковки, под действием веса и деформации гранул интенсифицируются изменения свойств пека.

Для снижения слеживаемости применялась обработка их поверхности различными антислеживателями, не приводящими к существенному ухудшению технологических свойств материала.

Качественные показатели	Пек исходный	Пек с добавлением технического углерода 0,2 %	Пек обработанный лауретсульфатом натрием 0,7 %
Температура размягчения, °С	75	75	75
Массовая доля веществ нерастворимых в толуоле, %	28,2	28,3	29,0
Массовая доля веществ нерастворимых в хиолине, %	8,7	9,0	8,8
Выход летучих компонентов, %	56	56	57
Зольность, %	0,1	0,2	0,1
Вязкость при 170 °С, Па*с	0,940	1,02	0,923
Коксовое число, %	51	51,6	51
Содержание ионов Na, %	0,012	0,012	0,016
Слеживаемость, %	30	17	3

## ДВУХСТУПЕНЧАТАЯ СХЕМА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

Климчук А.А., Баласанян Г.А., Дьячков Ю.В., Каштанов А.С.

*Одесский национальный политехнический университет,  
г. Одесса*

Повышение эффективности применения возобновляемых источников энергии в системах горячего водоснабжения напрямую зависит от схемных решений. В предлагаемом техническом решении предусмотрено использование двух ступеней приготовления горячей воды, что позволит расширить температурный диапазон работы контура гелиосистемы.

В представленном схемном решении (рис. 1) реализуется возможность использования низкопотенциальной теплоты от контура солнечного коллектора для подогрева горячей воды в первой ступени бака-аккумулятора. При этом, температура теплоносителя может быть ниже  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что нельзя реализовать в традиционных схемах. Догрев воды осуществляется традиционным котлом.

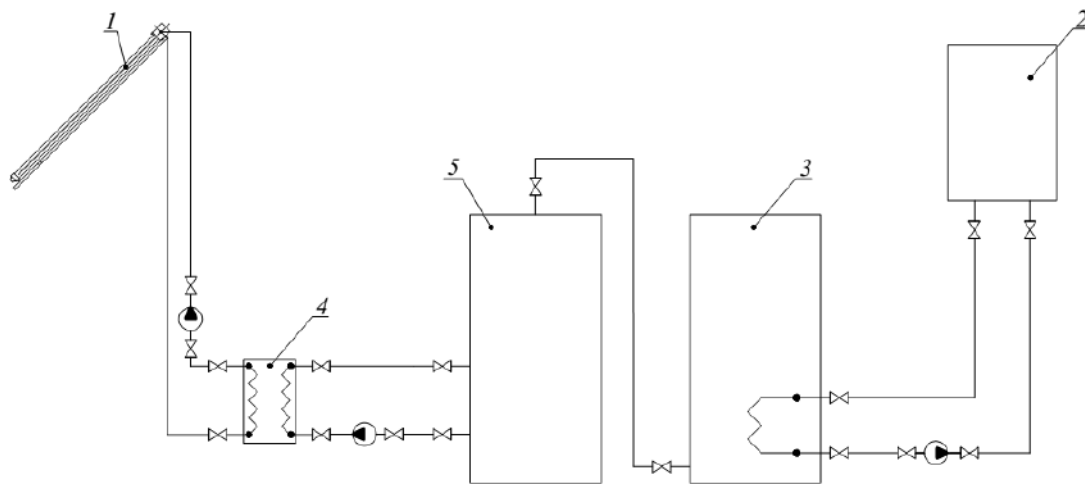


Рис. 1. – Комбинированная схема приготовления горячей воды с использованием двух ступеней ее приготовления: 1 – солнечный коллектор, 2 – газовый котел, 3 – моновалентный водонагреватель-аккумулятор (2-я ступень нагрева), 4 – пластинчатый теплообменный аппарат, 5 – аккумулятор горячей воды (1-я ступень нагрева)

К недостаткам рассмотренной схемы можно отнести большое количество энергетического оборудования, и, как следствие, повышение стоимости системы, а также потребность в избыточных площадях помещений для его размещения. Однако представленная схема позволяет максимально эффективно использовать теплоту от возобновляемых источников в зимний период.

### Литература:

1. Mazurenko A.S., Denysova A.E., Balasanian G.A., Klymchuk A.A., Borisenko K.I. Improving the efficiency of operation mode heat pump hot water system with two-stage akumulirovaniem heat // Eastern-european journal of enterprise technologies. 2017. – 1/8. С.27 – 34.
2. O. Klymchuk, A.Denysova, G.Balasanian. Alhemiri Saad Aldin, Krystyna Borysenko. Implementation of an integrated system of intermitted heat supply for education institutions // Eureka: Physics and Engineering, 2018.– Vol. 1(14), pp. 3–11

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТОРІВ ТЕПЛОТИ ЗА РАХУНОК АКУМУЛЯЇ В НІЧНИЙ ПЕРІОД

Климчук О.А.<sup>1</sup>, Баласанян Г.А.<sup>1</sup>, Остапенко Л.Ю.<sup>1</sup>, Климчук І.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Одеський національний політехнічний університет,  
м. Одеса*

<sup>2</sup>*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*

Акумуляційні системи теплопостачання дозволяють не тільки заощаджувати енергоресурси, але й підвищувати ефективність застосування генераторів теплоти [1].

Аналіз результатів математичного моделювання показує, що при використанні акумуляторів теплоти (АТ) графік навантаження системи теплопостачання суттєво вирівнюється, що приводить до рівномірної роботи джерела теплоти. При цьому, робота генератора теплоти протягом доби поділяється на три періоди (рис. 1): робота в режимі надтопу (площа 1) сумісно з АТ (площа 4); робота в робочий період (площа 2); робота в режимі акумулювання теплоти в неробочий період (площа 3).

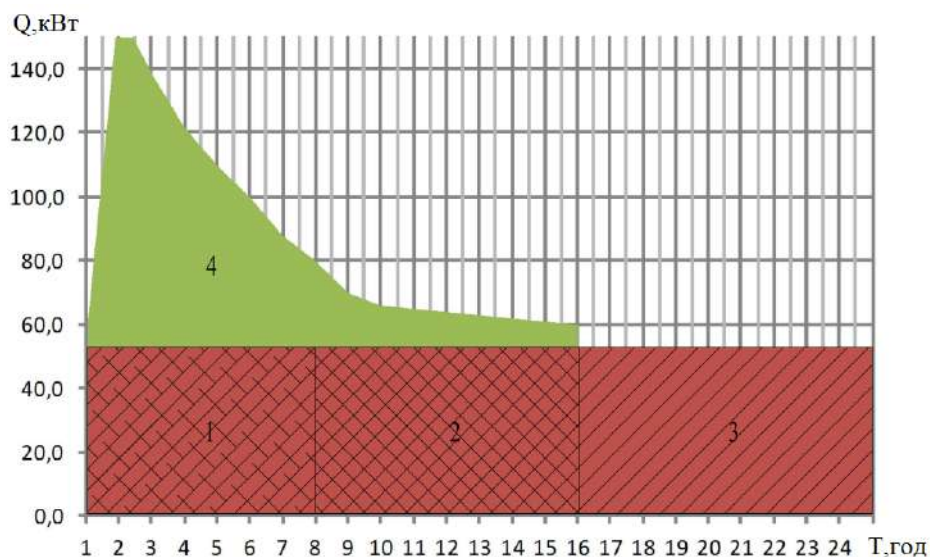


Рис. 1 – Навантаження системи теплопостачання навчального корпусу при  $t_{oc} = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $T=200$  год., з АТ.

При підвищенні ступеня термомодернізації пікова потужність ІСАПТ зменшується, що призводить до зменшення потрібного об'єму акумулятора теплоти та мінімальної потужності генератора теплоти.

### Література:

1. Mazurenko A.S., Denysova A.E. Utilization of Ground Heat in a Heat Pump Combined Solar-Ground Heat Supply Systems // ISES Solar World Congress. 1999, Jerusalem (Israel), – pp. 77–78.

## ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

**Климчук А.А., Зайцев Н.О., Васильев О.А., Безруков С.С.**  
*Одесский национальный политехнический университет,*  
*г. Одесса*

Анализ возможных вариантов децентрализации систем теплоснабжения многоквартирных жилых домов в крупных городах позволяет утверждать об существенных преимуществах электроэнергии в качестве энергоресурсов. При этом во избежание глубокой реконструкции внешних электросетей необходим комплексный подход [1]. Основными этапами такой децентрализации должны стать: термомодернизация здания, использование ночного тарифа на электроэнергию, включение в систему теплоснабжения аккумуляторов теплоты, применение возобновляемых источников энергии. При этом необходимо учитывать суточную электрическую нагрузку бытовых потребителей во избежание превышения потребляемой мощности выше предоставленных технических условий (рис.1).

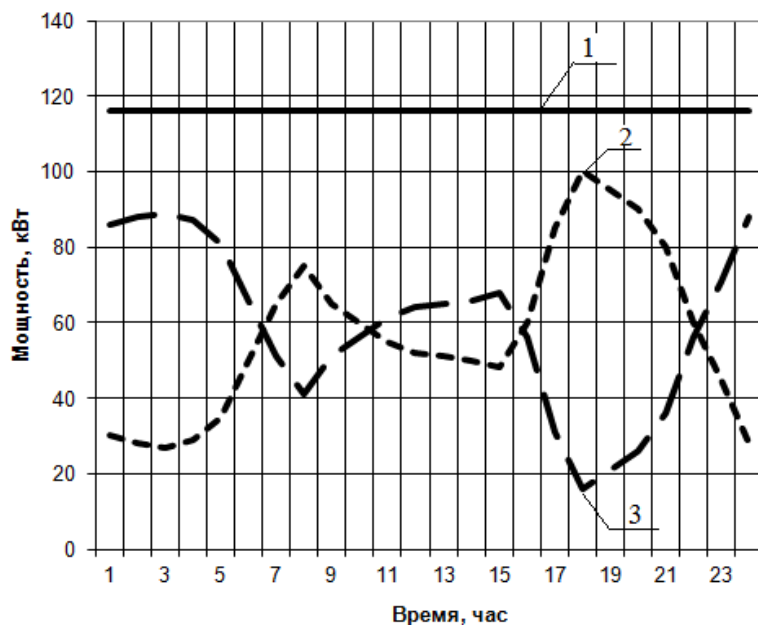


Рис.1. — Графики потребления электроэнергии многоквартирным жилым домом:  
1 — технические условия на подключение электроэнергии;  
2 — бытовое потребление электроэнергии;  
3 — потребление электроэнергии на нужды теплоснабжения.

По результатам исследования можно сделать вывод, что децентрализация систем теплоснабжения многоквартирных домов с использованием электроэнергии возможна при условии глубокой термомодернизации и применения возобновляемых источников энергии.

### Литература:

1. Климчук, О.А. Порівняльний аналіз систем децентралізованого теплопостачання житлових будівель із використанням електроенергії / Мазуренко А.С., Климчук О.А., Шраменко О.М., Сичова О.А. // Східно-Європейський журнал передових технологій, 2014. Випуск 5/8 – С. 21–25.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ СТОЧНЫХ ВОД В ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

**Климчук А.А., Шевчук В.И., Гершун А.А., Абдулов Д.**  
*Одесский национальный политехнический университет,*  
*г. Одесса*

Повышение эффективности использования энергоресурсов можно добиться путем утилизации теплоты канализационных стоков. Однако использование теплоты стоков в централизованных системах теплоснабжения приводит к значительным потерям в тепловых сетях. Также обращает на себя внимание факт массового внедрения децентрализованных систем теплоснабжения жилых зданий – установка крышных, встроенных или пристроенных котельных.

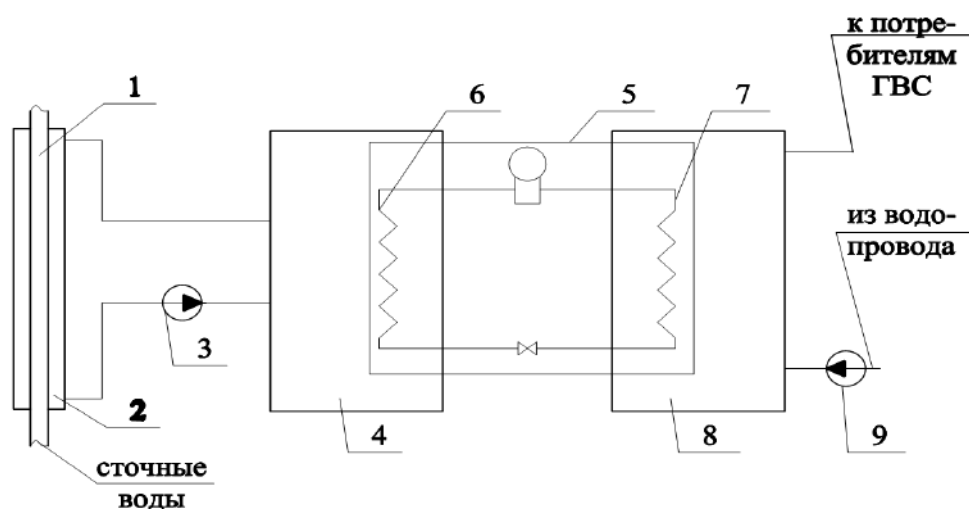


Рис. 1 – Схема утилизации теплоты сточных вод для ГВС с промежуточным теплоносителем: 1 – канализационный коллектор; 2 – теплообменник «труба в трубе»; 3 – циркуляционный насос промежуточного теплоносителя; 4 – бак аккумулятор промежуточного теплоносителя; 5 – тепловой насос (ТН); 6 – испаритель ТН; 7 – конденсатор ТН; 8 – бак аккумулятор горячей воды, 9 – циркуляционный насос системы ГВС.

Учитывая выше сказанное, особый интерес представляет схема использования теплоты канализационных стоков непосредственно для нужд теплоснабжения отдельных зданий (рис. 1). В этом случае установка теплового насоса позволит существенно снизить расход первичных теплоносителей и повысить общую эффективность использования энергоресурсов. Централизованное использование тепла канализационных стоков не участвует в общем энергетическом балансе здания [1].

### Литература:

1. Климчук, А.А. Розвиток методики розрахунку теплового насосу з використанням скидних вод / Денисова А.Є., Климчук О.А., Троїцький О.М. // Наукове видання «Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури», 2010. Одеса. – С. 333–337.



## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ РЕКОМБИНАНТНОГО ТРОМБОЦИТАРНОГО ФАКТОРА РОСТА

Копылова В.С., Климова Е.М., Огурцов А.Н.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Организм человека окружён огромным количеством патогенных микроорганизмов. Для защиты от них существует иммунная система, которая всегда находится в равновесии. Нарушение равновесия связано с недостатком в организме тромбоцитарного фактора роста. Технология, при помощи которой мы можем получить наиболее чистый белок – это рекомбинантная технология.

Целью работы является оптимизация регламента получения рекомбинантного тромбоцитарного фактора роста и определение его биодоступности и биоэффективности при помощи фагоцитоза и реакции бласттрансформации лимфоцитов крови.

Тромбоцитарный фактор роста – это белок, который принимает участие в противовоспалительных, противоаллергических реакциях и активирует фагоцитоз и бласттрансформацию [1].

Рекомбинантный тромбоцитарный фактор роста получали путём трансформирования клеток штамма *Pichia pastoris* и дальнейшего продуцирования ими рекомбинантного белка. [2].

Технологию можно оптимизировать путём замены штамма дрожжей *Pichia pastoris* на штамм *E. coli*. Применение штамма *E. coli* является более выгодным поскольку штамм *E. coli* менее требователен к питательной среде по сравнению с *Pichia pastoris*, *E. coli* быстрее начинает рост, чем *Pichia pastoris*, уровень экспрессии рекомбинантного белка у штамма *E. coli* выше, чем у штамма *Pichia pastoris* [3].

### Литература:

1. Копылова В. С. Різноманітні способи отримання тромбоцитарного фактору росту: дипл. робота / В. С. Копылова. – Харків, 2018. – 74 с.
2. Патент 2290434 Російська Федерація, МПК 7 C12N001 / 19, C12N015 / 12, C12P021 / 02, C12R001 / 84. Штамм дрожжей *pichia pastoris* 2 – 2 - продуцент тромбоцитарного фактора роста человека (PDGF - BB) и способ получения тромбоцитарного фактора роста человека / Соловьев В. В., Пальцева Е. М., Игонин А. А., Уваров В.Ю., Иванов А. А., Акатов В. С., Прусакова О. В., Белецкий И. П.; заявник та патентовласник Москва Общество с ограниченной ответственностью «БиоГениус». - 2005116851/13, заявл. 02.06.2005, опубл. 27.12.2006. – 30 с.
3. Alexander D.M. Isolation and purification of biologically active human platelet-derived growth factor expressed in *Escherichia coli* / Alexander D.M., Hesson T, Mannarino A., Cable M., Dalie B. L. // *Biochem*: - 1992: - Т. 3, № 3. – с. 204 – 211.

**ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОВІДДАЧІ  
ПОВІЛЬНИХ ТА ШВИДКИХ РУХІВ  
ГРАНУЛЬОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА**

**Кошова Д.А., Толчинський Ю.А.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У цій статті розглядається сполучений процес руху гранульованого середовища в трубі або каналі й теплообмін між цим середовищем і твердою стінкою. Вивчаються режим повільних рухів та режим швидких рухів. Повільні рухи характеризуються беззсувом переміщення частинок у стані безперервного контакту між собою та відсутністю їх обертання. Швидкі рухи характеризуються наявністю зсуву і співудару частинок одна з однією. В повільних рухах об'ємна концентрація частинок дорівнює щільності щільного їх пакування. В швидких рухах об'ємна концентрація частинок декілька менше концентрації щільного пакування. Різниця цих концентрацій рахується малою настільки, наскільки вона дозволяє забезпечити співудар частинок. При цьому ця різниця така, щоб гранульоване середовище не було суспензією. Для повільних рухів розв'язані рівняння рівноваги гранульованого середовища з урахуванням тертя між частинками та поверхнею стінок.

Установлено зв'язок між тиском у гранульованому середовищі, силами тертя та швидкістю руху середовища. Припускаючи, що частинки є пружними, а контакт між ними безперервний, було отримано формулу для коефіцієнту теплопровідності через частинки. Досліджено роль газу, який заповнює міжчасткові пори, та встановлено, що внесок газу в теплопровідність середовища зводиться до внеску примусового його руху в окремих порах і внеску від природно-конвекційного руху в поровому просторі середовища як цілого. Виведено формулу для коефіцієнту теплопровідності середовища з урахуванням переносу тепла через частинки та заповнений газом поровий простір. Для швидких рухів виведено формулу коефіцієнту теплопровідності, яка аналогічна відповідній формулі для повільних рухів. У тому ж пружному наближенні виконано облік впливу співударів частинок на провідність тепла через тверді пружні частинки і газове середовище.

На підставі отриманих формул для коефіцієнтів теплопровідності вирішено базові задачі конвекційного теплообміну та отримано вираз для коефіцієнтів тепловіддачі в повільних і швидких рухах. Результати цієї роботи можна використовувати при визначенні коефіцієнтів теплопередачі в теплообмінниках: тверде тіло – газ, тверде тіло – рідина, тверде тіло – тверде тіло.

**Література.**

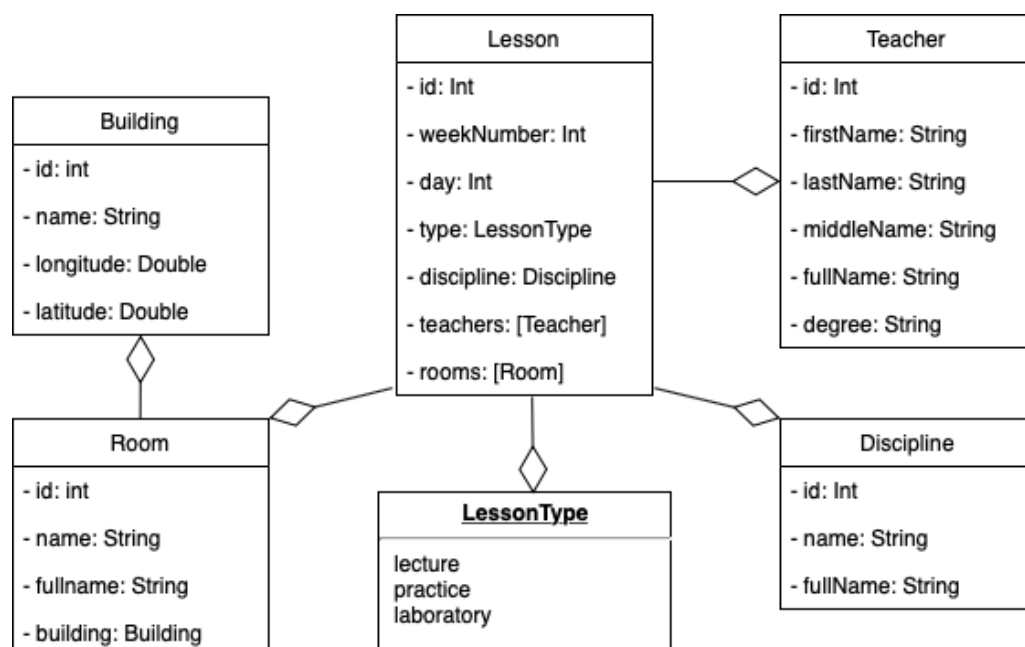
1. Механика. Новое в зарубежной науке. Вып. 36. / ред. А.Ю. Ишлинский, Г.Г. Черный. – Москва: изд. Мир. – 1995. – с. 86-122, 150-165.

## ДЕЯКІ КОМПОНЕНТИ ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ЯК ОБ'ЄКТИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

Кравченко О.С.

*Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут», м. Київ*

Процес подальшого розвитку наукового напрямку з проектування програмного забезпечення на тему «Мобільний додаток для завантаження розкладу КПІ» можна представити у вигляді об'єктів інтелектуальної власності. Метою роботи є створення універсального сервісу для спрощення організації власного навчального процесу та демонстрації робочого прототипу, що вирішує описану вище задачу з використанням сучасних підходів в розробці технологій. При цьому необхідно враховувати складові дослідження: велика кількість корпусів, аудиторій, груп і різновидів занять. Необхідне рішення, що враховує потреби студентів та допомагає їм визначити список найближчих занять і їх місце розташування. Таким чином, сервіс повинен вміти відображати розклад, зберігати його локально і відображати розташування кожного заняття на карті. При цьому він повинен бути доступний максимально просто і швидко, що робить мобільний додаток найкращим кандидатом. Серед аналогів можна виділити веб-сервіс [www.rozklad.kpi.ua](http://www.rozklad.kpi.ua) і мобільний додаток KPI Weeks. Перший не використовує технологію збереження даних для перегляду в відсутності інтернету, а другий технічно застарів, вкрай рідко отримує оновлення та не підтримує останні моделі смартфонів. Розроблюване рішення повинно бути позбавлене зазначених недоліків:



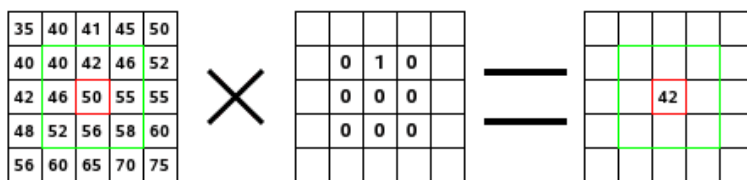
Для створення демонстраційного додатку була обрана платформа iOS 11, і остання версія мови програмування Apple Swift 4. Для зберігання даних у пристрої була обрана мобільна база даних Realm. Бізнес-логіка додатку реалізована за принципами реактивного програмування за допомогою RxSwift. Архітектурою додатку, відповідно, обрана MVP.

## СКЛАДОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИЗНАЧЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ ДЛЯ КОМПЛЕКСНИХ ПРОЕКТІВ

Кравченко О.С.

*Національний технічний університет  
«Київський політехнічний інститут»,  
м. Київ*

Процес подальшого розвитку наукового напрямку з технології визначення системи технічного зору у вигляді об'єктів інтелектуальної власності [1, 2] потребує визначення складових дослідження. До теоретичних відомостей входить науково-обґрунтований аналіз: 1) методів визначення центрів лазерної лінії; 2) конволюція матриці; 3) паралельне програмування. У даній роботі за основу береться метод екстремального значення. Проте задля вдосконалення метода виконується також математична операція згортання (або конволюції) матриці зображення, що позбавляє метод небажаної чутливості до шуму та значно підвищує точність визначення центрів лазерної лінії (рис. 1).



Зліва – матриця зображення: кожен піксель означений своїм значенням. У початкового пікселя червона межа. В середині – ядро. Активна область ядра – зелений кордон. Праворуч – результат конволюції.

Рис. 1. – Конволюція матриці

Подальше дослідження зв'язане з визначенням алгоритму пошуку центрів лазерної лінії та алгоритму роботи паралельного процесу. Опис програмного забезпечення складається з функціональної структури програмного забезпечення та опису функцій частин програмного забезпечення (користувацькі та стандартні). Тестування програмного забезпечення проходить за планом. До інструкції користувача входять: робота з програмою; формат вхідних та вихідних даних; системні вимоги. Можливі випадки виникнення помилок у програмі залежать як від вхідних даних, так і від команд користувача. Тому тестування програми полягає у виявленні правильності та коректності обробки програмою різних вхідних даних. Задля виявлення усіх помилок у роботі програми потрібно запустити її на виконання в таких умовах:

1) тестування коректності взаємодії з інтерфейсом: тестування при натисканні кнопки «STOP» коли програма ще не працює; тестування при натисканні кнопки «START» коли програма вже працює;

2) тестування коректності роботи: перевірка коректності обчислення відстані шва до центра зображення; перевірка коректності знаходження лазерної лінії; перевірка коректності знаходження шва.

### Література:

1. S. Bukhkalov, Yu. Byalskiy, O. Aheicheva, Zh. Derkunska. Distance Education Possibilities Analysis for Integrated Innovative Projects. International Journal of Engineering & Technology, 7 (4.8) (2018) 459 – 465.
2. S. Bukhkalov, I. Denysovets, Natalia Galagan, H. Dumenko. Intellectual Property as Complex Innovation Projects Component. International Journal of Engineering & Technology, 7 (4.8) (2018) 596 – 602.

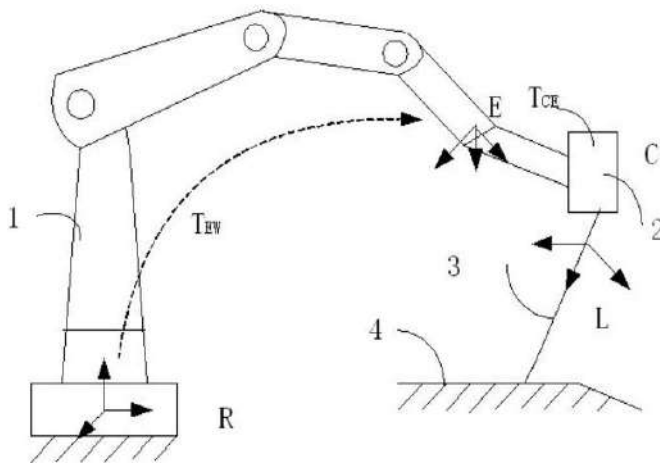
## ЗАГАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ ДЛЯ КОМПЛЕКСНИХ ПРОЕКТІВ

Кравченко О.С., Бухкало С.І.\*

*Національний технічний університет «Київський політехнічний  
інститут», м. Київ*

*\*Національний технічний університет «Харківський політехнічний  
інститут», м. Харків*

Процес подальшого реформування та розвитку української освіти неможливий без урахування особливостей та деяких проблем напрацьованого наукового і педагогічного досвіду [1, 2] у вигляді об'єктів інтелектуальної власності (ОІВ). Прикладом ОІВ є дослідження з отримання центрів лазерних ліній за допомогою вирішальної функції, що генерується з метою можливості відрізнати реальні центри від точок-кандидатів з високою швидкістю розпізнавання. В межах дослідження розроблене програмне та апаратне забезпечення, за допомогою якого реалізований пошук шву між металевими листами. Програма повинна забезпечувати можливість виконання нижче наведених функцій: виокремлення лазерної лінії на зображенні в реальному часі; визначення викривлення лінії; аналіз викривлення лінії; обчислення довжини шва та відстані від центру площини, що паралельна площині матриці камери; подання проміжних результатів на екран; виведення графіка траєкторії шва. Вхідними даними до програми є зображення, що знімається камерою; вихідними даними є координати траєкторії шва (рис. 1).



Проведено тестування системи, у ході якого не було виявлено жодних помилок в роботі програми, всі виміри було здійснено точно, некоректні вхідні дані було виявлено, в їхній обробці було відмовлено. Система технічного зору, призначена для застосування на промислових лініях підприємств, що займаються металообробкою.

Рис. 1. – Схема пристрою:

1 – робот, 2 – камера, що відслідковує лазер, 3 – лазерний промінь, 4 – шов.

Система технічного зору виокремлює лазерну лінії на зображенні в реальному часі, визначає та аналізує місце викривлення лінії, обчислює довжину шва та відстань від центру площини, що паралельна площині матриці камери, подає проміжні результати на екран, виводить графік траєкторії шва.

### Література:

1. S. Bukhkalov, Yu. Byalskiy, O. Aheicheva, Zh. Derkunska. Distance Education Possibilities Analysis for Integrated Innovative Projects. International Journal of Engineering & Technology, 7 (4.8) (2018) 459 – 465.
2. S. Bukhkalov, I. Denysovets, Natalia Galagan, H. Dumenko. Intellectual Property as Complex Innovation Projects Component. International Journal of Engineering & Technology, 7 (4.8) (2018) 596 – 602.

## НАНОКРИСТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ СКЛАДУ $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ / $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ В ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ ВОДОПІДГОТОВКИ

Кривільова С.П., Цвіркун Д.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У роботі розглянуті інноваційні методи водопідготовки, які застосовуються для очищення води з поверхневих і підземних водних об'єктів до питної якості. Значний потенціал мають наноструктуровані керамічні мембрани, які показують ефективність водоочищення майже 96 %. Керамічні картриджі і засипки здатні видаляти до 99 % всіх хвороботворних бактерій. Але в умовах безнапірного водопостачання, відсутності безперебійної подачі електроенергії, надзвичайних ситуацій або спекотного клімату, притаманному південним і південно-східним регіонам України, найбільш перспективною є фільтрація питної води з поверхневих та підземних джерел за допомогою керамічних фільтрів. Ці фільтри можна використовувати одночасно і для заповнення дефіциту фтору в питній воді.

Метою даної роботи є оцінка перспективності використання отриманих методами «зеленої хімії» екологічно чистих порошків  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  і  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$  в якості матеріалів наноструктурованих керамічних фільтрів, призначених для очищення питної води, і вивчення їх властивостей.

Екологічно чисті нанокристалічні порошки  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  отримували з використанням методів «зеленої хімії» з розчинів  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , а  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$  – з твердої фази. Визначено оптимальні співвідношення вихідних компонентів і режими термообробки, які забезпечують отримання  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  з співвідношенням  $\text{Ca}/\text{P} = 1,67$  і  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$  високої чистоти з розміром кристалів у нанорозмірному діапазоні. Гранулювання порошків здійснювали з твердої фази ізостатичним пресуванням порошків  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  й  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$  з подальшим подрібненням блоків до гранул необхідного розміру та наступною за цим обкаткою, а також із суміші рідкої і твердої фаз агломерацією порошків. При видаленні рідкої фази відбувалося обвалювання агломератів і зміцнення зв'язків між частинками. Розмір і розподіл пор варіювали вмістом зв'язуючого пороутворювача ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Встановлено, що зі збільшенням тиску пресування спостерігається зниження пористості. Підвищенню пористості сприяє монофракційність порошків і близька до сферичної форма їх зерен. Розроблена технологія дозволяє отримувати гранули складу  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ / $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$  пористістю 45 – 75 % та керамічні фільтри у вигляді блоків пористістю 45 – 85 %. Проведені дослідження підтвердили перспективність застосування синтетичних матеріалів складу  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ / $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$  у якості фільтрів для водопідготовки і одночасного заповнення дефіциту фтору в питній воді.

### Література:

1. Кривільова С. П. Кальційфосфатні матеріали апатитного складу у інноваційних технологіях водопідготовки / С. П. Кривільова, Д.О. Цвіркун, А.П. Гінкул // *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*, № 144 (2018), С. 76 – 80.

## РОЛЬ ПРОТЕКТИВНОГО АНТИГЕНУ *BACILLUS ANTHRACIS* У ВАКЦИНАХ ПРОТИ СИБІРСЬКОЇ ЯЗВИ

Куковська В.С., Огурцов О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

На території України існує понад 4,5 тисяч захоронень тварин, що загинули через сибірську язву, з них 60 % старих. Внаслідок цього відбувається контамінація ґрунту спорами збудника захворювання, що становить серйозну небезпеку для навколишнього середовища.

Для вакцинопрофілактики населення проти сибірської язви сьогодні використовують два основних зареєстрованих типи вакцин: живі та хімічні. Ці вакцини мають ряд недоліків і не завжди здатні забезпечити стійкий імунітет.

Найбільш перспективним напрямком одержання вакцин для профілактики є отримання протективного антигену *Bacillus anthracis* в якості основного компоненту [1]. Протективний антиген (Рис.1) являє собою екзотоксин бацил сибірської язви та опосередковує доставку едематогенного та летального факторів через мембрани клітини-господаря та їх загибель [2]. У зв'язку з чим виникає необхідність створення стійкого імунітету до цього білка.

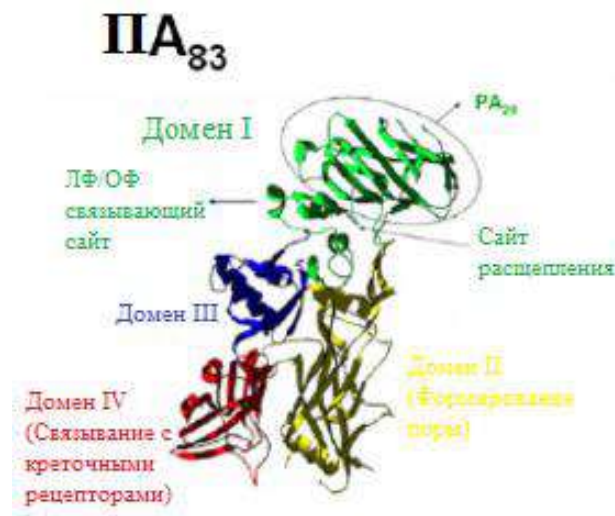


Рис. 1 – Структура протективного антигену *Bacillus anthracis*

Отже, протективний антиген є специфічною системою доставки інших екзотоксинів сибірської язви в клітину, які вмикають шляхи її апоптозу та приводять до подальшої загибелі.

### Література:

1. Куковська, В.С. Біотехнологічне одержання антигенів *Bacillus anthracis* для виробництва вакцини проти сибірської язви: дипл. проект / В.С. Куковська. – Харків, 2018. – 89 с.
2. Information Sheet Observed Rate of Vaccine Reactions: Anthrax Vaccines to Humans / World Health Organization [Електронний ресурс] – 2012. Режим доступу до ресурсу: [http://www.who.int/vaccine\\_safety/initiative/tools/Anthrax\\_Vaccine\\_rates\\_information\\_sheet.pdf](http://www.who.int/vaccine_safety/initiative/tools/Anthrax_Vaccine_rates_information_sheet.pdf)



## ГЕРМЕТИЧНІСТЬ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ НАФТОГАЗОВИХ ТРУБ

Куш А.І., Римчук Д.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В роботі досліджено причини негерметичності різьбових з'єднань нафтогазових труб та запропоновані заходи із забезпечення їх герметичності. Герметичність різьбових з'єднань труб – це властивість з'єднань, що забезпечує непроникність при навантаженні надлишковим тиском рідини або газу на протязі тривалого часу. На проникність різьбових з'єднань впливають конструктивні особливості різьб (рис 1.). Зазори в різьбі – це гвинтові канали і вони називаються конструктивними. Крім конструктивних зазорів у кожному різьбовому з'єднанні також присутні зазори технологічного характеру, котрі визначаються відхиленням елементів профілю від теоретичних розмірів. Конструктивні та технологічні зазори в різьбі приводять до того, що контакт труби з муфтою в різьбовому з'єднанні прониклий – з'єднання само по собі негерметично.

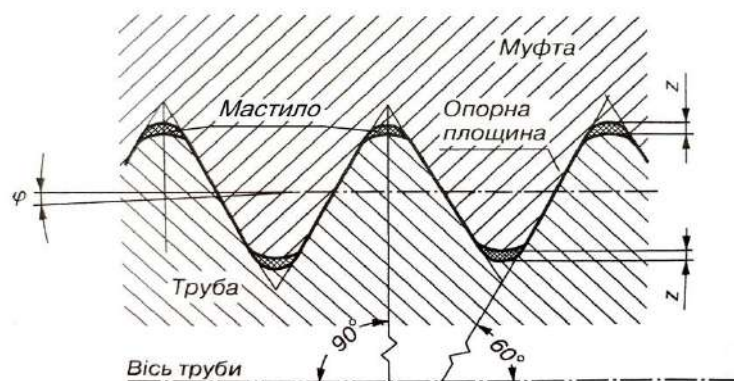


Рис. 1 - Канал у різьбовому з'єднанні заповнений мастилом

Для ліквідування проникності контакту елементів різьбових з'єднань на практиці застосовують різні наповнювачі конструкторних і технологічних зазорів – різьбові мастила. Крім того мастила повинні забезпечувати: стійкість з'єднання до утворення задирок, необхідні трибологічні властивості та фізико-хімічну стійкість в умовах експлуатації. Всі мастила, що використовуються для герметизації різьбових з'єднань нафтогазових труб повинні відповідати модифікованому мастилу API та містити тверді добавки суміші аморфного графіту, порошку свинцю, цинку, і лусочок міді.

### Література:

1. API BULL 5A2 Bulletin on Thread Compounds for Casing, Tubing and Line Pipe, 2013



## ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ ГАЗОРІДИННОЇ СИСТЕМИ КОЛОННОГО АПАРАТУ ЗІ СТАБІЛІЗАТОРОМ ПІННОГО ШАРУ

Лаврова І.О., Шевченко К.В., Троценко О.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В роботі подано результати гідродинамічних випробувань розроблених авторами стабілізаторів пінного шару в колонних апаратах в залежності від швидкості газового потоку ( $W_2$ ) та газовмісту ( $\varphi_2$ ), що є основними показниками гідродинамічного режиму роботи апаратів [1, 2].

У проведених серіях випробувань зміна газовмісту виявилась істотною при збільшенні швидкості газу з 1 до 2,5 м/с. Якщо при низькій швидкості газу різниця газовмісту для апарата зі стабілізатором і без нього була біля 5 – 6 %, то при  $W_2=2,5$  м/с ця різниця сягає 10 %; останнє приводить до збільшення поверхні контакту фаз і збільшення ефективності роботи колонного устаткування. У певних межах це так, але було відзначено, що питома об'ємна поверхня контакту фаз [3, 4] у апаратах такого типу росте до швидкостей газу  $W_2 = 2,0 - 2,2$  м/с, а потім зменшується.

В чарунках стабілізатора піна спостерігається навіть при провалі рідини на тарілки через наявність спіральних каналів, що сприяє примусовому створенню пухирців газу з діаметром, рівним перетину самого каналу. Товщина плівки змоченої поверхні стабілізатора, по наших вимірах, змінюється в межах 1, 5 – 2,5 мм і плин її спрямовано назустріч газовому потоку, що й веде до зміни структури шару, у тому числі й газовмісту в пристінній зоні колонного апарату.

Залежність  $W_{кр.}$  від вільного перетину ґрат  $S_0$  та густини зрошування  $L_0$ , отримана експериментальним шляхом повною мірою кореспондується із даними вітчизняних та зарубіжних дослідників [3]:

$$W_{кр.} = 372 S_0^{3,0} \cdot L_0^{0,3} \quad (1)$$

Відхилення дослідних даних  $W_{кр.}$  від розрахованих складає  $\pm 10$  %. Порівняння режимів роботи зі стабілізаторами та без них показало, що їх використання значно розширює діапазон сталої роботи сітчастих ґрат в пінних апаратах, при цьому автомобільний режим настає вже при  $W_2 \geq 1,2$  м/с, тобто практично з початку пінного режиму.

### Література:

1. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского. - Москва: Химия, 1991. - 494с
2. Идельчик И.Е.. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И.Е. Идельчик // под ред. М.О. Штейнберга. – Москва: Машиностроение, 1992г. – 672с.
3. Ректификационные и абсорбционные колонны с новыми конструкциями тарелок. М., ВНИИОЭНГ, 1996. 64 с.

## УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПРОБІОТИКУ БІФІДУМБАКТЕРИНУ

Ладоня М.Ю., Близнюк О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Сьогоденне вирішення проблеми дисбактеріозу здійснюється двома шляхами – профілактики та лікування. В обох випадках велику роль компонентів відновлювання мікрофлори відіграють пробіотичні культури з певними властивостями, такі як лакто- та біфідобактерії, пропіонові бактерії та інші. Проте до мікроорганізмів, що використовуються як основа пробіотиків, висуваються певні вимоги: вони не повинні викликати побічні ефекти, зберігатися в травневому тракті до досягнення максимальної позитивної дії, тобто бути стійкими до значень рН шлунку; повинні мати високу швидкість росту та розмноження в умовах, близьких до умов, близьких до кишкового тракту; під час культивування *in vitro* для накопичення біомаси слід створювати умови, максимально наближені до середовища кишкового тракту [1, 2].

На основі аналізу літератури для вирішення цієї проблеми транспорту біфідобактерину запропоновано використовувати капсули з кальцій-натрій альгінатного гелю  $\text{NaAlgCa}^{2+}$ , оболонка яких має захищати бактерії під час проходження відділу шлунку та доставляти до органу-мішені (тонкого кишечника) [2]. Капсули, що виготовлені на основі альгінатної сировини, захищають живі біфідобактерії, що знаходяться в поживному середовищі, в ролі якого виступає молочна сироватка, яка як побічний продукт утворюється у виробництві молочних продуктів. Паралельно аналізували вплив модельного середовища, що за складом імітував шлунковий сік (розчин  $\text{HCl}$ ), на незахищені колонії, які знаходились в умовах вільного доступу та в капсулах. Встановлено, що титр незахищених капсулами біфідобактерій, зменшився за годину з  $10^{12}$  КУО/г до  $10^8$  КУО/г, за дві години – до  $10^6$  КУО/г, в той час як в захищеному оболонках кількість мікроорганізмів за цей час майже не змінилась. Це свідчить, що оболонка капсул захищає живі мікроорганізми від руйнівної дії кислого середовища шлунку [2]. Крім того візуальне спостереження також показало, що після 2-х годин контакту з модельним розчином  $\text{HCl}$  морфологія колоній не зазнала значних змін, в той час як незахищені оболонкою біфідобактерії зазнали значних морфологічних змін та стали крихкоподібними.

Аналіз результатів аналізу літератури [2] та власних досліджень показав, що оболонки, створені за рахунок реакції рекомбінації в системі кальцій-натрій альгінатного гелю  $\text{NaAlgCa}^{2+}$ , дозволяють отримати непроникні для середовища шлунку мембрани та надійно захистити живі біфідобактерії у складі інкапсулянту.

### Література:

1. Probiotics: effect on immunity / E. Isolauri, Y. Sutas, P. Kankaanpaa, S. Salminen // American journal of clinical nutrition. – 2001. – Vol. 73. – P. 444-450.
2. Кондратюк Н.В. Наукові аспекти технології солодких страв з капсульованими пробіотичними мікроорганізмами: монографія / Н.В. Кондратюк, Є.П. Пивоваров, О.П. Неклеса. – Х. : ХДУХТ, 2015. – 139 с.

## **РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИЙ ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ПРИ НАПОЛНЕНИИ ОТХОДАМИ БУРОВЫХ РАБОТ**

**Лебедев В.В., Рыкусова Н. В., Шестопалов А. В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В работе рассмотрена возможность увеличения объемов утилизации отходов бурения путем использования в качестве наполнителя для изготовления полимерного композиционного материала. В результате проведенных исследований впервые проведена модификация вторичного полиэтилена высокой плотности отработанным буровым раствором в виде частиц высокодисперсного наполнителя.

Получены полимерные композиты вторичного полиэтилена высокой плотности наполненные отходами бурового производства с содержанием до 30 %. В результате исследования выявлены закономерности изменения ударной вязкости, разрушающего напряжения при изгибе и водопоглощения в зависимости от содержания буровых отходов во вторичном полимере.

Показано, что при введении в состав вторичного полиэтилена высокой плотности отходов бурового производства в виде частиц высокодисперсного наполнителя происходит значительное повышение их прочностных характеристик без значительного ухудшения водопоглощения (до 2,9 % при наполнении отходами до 30 %).

Установлено, что оптимальное содержание отходов бурового производства в составе полимерных композитов на основе вторичного полиэтилена высокой плотности составляет 20 % мас. При этом достигаются максимальные значения ударной вязкости и разрушающего напряжения при изгибе, как для отработанного бурового раствора на основе бентонитовой глины, так и для соленого отработанного бурового раствора.

Полученные полимерные композиты на основе вторичного полиэтилена высокой плотности и отходов бурового производства по своим эксплуатационным характеристикам превосходят известные аналогичные полимерные материалы с использованием таких наполнителей как тальк и каолин. Это позволяет рекомендовать совместную утилизацию отходов бурения и полимерных отходов.

## УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ВАРЕНЦЮ

Личана О.В., Варанкіна О.О., Огурцов О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Повноцінний раціон харчування людини не можна уявити без вживання кисломолочних продуктів. Одним з представників цього класу продукції являється варенець, який поєднує у собі корисні властивості та економічну доступність. Однак, виробництво кисломолочних продуктів являється складним процесом, та потребує постійного вдосконалення для задоволення потреб споживачів.

Варенець – кисломолочний продукт, який виробляють сквашуванням стерилізованого молока чистими культурами термофільного молочнокислого стрептокока *Streptococcus salivarius subsp. termophilus* та з молочнокислою паличкою *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* або без неї [1]. Мікроорганізми, які містяться у варенці, позитивно впливають на роботу організму людини, надають продукту пробіотичні властивості. Особливістю варенця є його легка засвоюваність організмом.

Виробництво кисломолочних продуктів поєднує, як фізико-хімічні процеси, так і біотехнологічні перетворення, що в свою чергу ускладнює оптимізацію технологічного процесу. Для вирішення цієї задачі до складу варенцю пропонуємо додавати біфідогенний концентрат, який містить лактулозу (у кількості 10 – 14 %). При використанні лактулози, в якості пребіотику, стає можливим отримання варенцю, що має біфідогенні властивості. Біфідогенний концентрат має низький вміст жиру, що дозволяє отримувати продукт з меншою калорійністю [2].

З економічної точки зору досягається: зменшення кількості енергетичних затрат шляхом виключення енергоємної стадії томління; скорочення тривалості стадії сквашування завдяки додаванню біфідогенного концентрату з більшою кількістю сухих речовин; розширення кола споживачів завдяки виробництву низькокалорійного продукту. При використанні біфідогенного концентрату всі органолептичні показники залишаються незмінними, без використання процесу томління який є достатньо енергоємним. Це дозволяє збільшити користь продукту і водночас зробити технологію виробництва даного кисломолочного продукту більш вигіднішою.

### Література:

1. Захожий, О. В. Біотехнологія виробництва варенцю: дипл. проект / О. В. Захожий. – Харків, 2018. – 85 с.
2. Пат. 2329652 Российская Федерация, МПК A23C 9/13. Способ получения кисломолочного напитка / Г.А. Храмцов, С.А. Рябцева, Д.О. Мячина, А.Д. Лодыгин, А.С. Гришина; патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский государственный технический университет. – № 2329652; заявл. 09.11.2006; опубл. 27.07.2008, Бюл. №21, 2008. – 5 с.

## **РАЗРАБОТКА БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ВАКЦИНЫ ПРОТИВ КОКЛЮША**

**Логвиненко Д.А., Масалитина Н.Ю., Огурцов А.Н.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Коклюш – это инфекционное заболевание дыхательных путей, очень опасное для детей, особенно первого года жизни. Передается воздушно-капельным путем, главный источник болезни – носитель или уже заболевший им человек. На начальной стадии коклюш тяжело отличить от простуды или ОРВИ. Симптомами являются насморк, боль в горле, повышение температуры до 38 °С, а самым главным и определяющим – кашель. Приступы кашля при коклюше не ослабевают и с каждым днем становятся все сильнее. Через 10 – 12 дней он становится тяжелым и приступообразным.

Вылечить кашель при коклюше невозможно, он проходит самостоятельно. Возможно лишь облегчение кашлевых приступов: поддержание температуры не выше 19 °С и влажности 55 %. В связи с вышесказанным, очевидно, что данное заболевание следует предупреждать. Основной и единственной действующей профилактикой является вакцинация.

На сегодняшний день в Украине, согласно календарю прививок, от коклюша ребенок прививается четыре раза: в 2, 4, 6 и 18 месяцев. Коклюшная вакцина обычно выпускается в комбинации с дифтерийным и столбнячным анатоксинами (АКДС). Кроме того выпускаются комбинированные препараты «Бубо-М», «Бубо-Кок», «Пентаксим», «Инфанрикс Гекса», «Инфанрикс Пента», «Тетраксим», «Инфанрикс». Вакцины часто комбинируют с вакцинами против гепатита В, полиомиелитом (инактивированным) и гемофильной инфекцией типа В. Вакцинация не дает 100 % защиты от инфекции, её главная цель – снижение риска острого коклюша в возрасте до двух лет [1].

Целью исследования был поиск метода получения профилактической вакцины против коклюша и варианты ее усовершенствования. Предложенная схема получения вакцины включается в себя культивирование коклюшных бактерий на питательной среде Stainer and Scholte, концентрирование, выделение и очистку коклюшных антигенов с последующей детоксикацией, ультрафильтрацией и контролем готового продукта [2]. Данная технология позволяет получить эффективный, безопасный и стерильно чистый продукт, обладающий высокими профилактическими свойствами против такого заболевания, как коклюш.

### **Литература:**

1. Логвиненко Д.О. Біотехнологічні особливості виробництва вакцинних препаратів: дипл. проект / Д.О. Логвиненко. – Харків, 2018. – 89 с.
2. Пат. 2332231 Российская Федерация, МПК А61К39/10. Способ получения бесклеточной вакцины для иммунопрофилактики коклюша / Сперанская В.Н., Семченко А.В., Семенова В.Д. и др.; заявитель(и) и патентообладатель(и) Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение по медицинским иммунобиологическим препаратам «Микроген» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – № 2006127548/13; заявл. 31.07.2006; опубл. 27.08.2008, Бюл. №24.

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОТРИМАННЯ ПРОТИКАШЛЮКОВОЇ ВАКЦИНИ

Логвиненко Д.О., Масалітіна Н.Ю., Огурцов О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Кашлюк – це гостра антропонозна повітряно-крапельна бактеріальна інфекція, характерною ознакою якої є спазматичний кашель, подібний приступам [1]. Небезпечне інфекційне захворювання дихальних шляхів, особливо для дітей молодше двох років. Вакцинація є головним інструментом для боротьби з цією інфекцією та для профілактики. Тому розробка ефективної вакцини проти кашлюку – актуальне питання у наш час.

*Bordetella pertussis* – збудник кашлюка, бактерія Барде-Жангу, паличка кашлюку – вид дрібних (0,5 – 2,0 х 0,2 – 0,5) нерухомих аеробних грамнегативних кокобацил, що не утворюють спори, з роду *Bordetella*. *B. pertussis* має ряд факторів патогенності, що чинять шкідливий вплив проникаючи до організму людини, до них відносять: кашлюковий токсин (КТ), філаментозний гемагглютинін (ФГА), аглютиногени та фімбрії, аденилатциклазний гемолізін (АГ), ліпополісахариди, трахеальний цитотоксин, дермoneкротизуючий токсин.

Метою роботи стало удосконалення існуючої методики отримання протикашлюкової вакцини для підвищення її профілактичних властивостей та зниження собівартості. Тому запропонована схема отримання протикашлюкової вакцини складається з наступних етапів [2]: приготування поживного середовища Stainer and Scholte, отримання 2 – 3 генерацій кашлюкових бактерій, контроль кашлюкової суспензії, культивування, розділення біомаси та культуральної рідини, концентрування культуральної рідини ультрафільтрацією, виділення та очистка кашлюкових антигенів, детоксикація, ультрафільтрація та контроль готової продукції.

Запропонована схема отримання протикашлюкової вакцини дозволяє: знизити час виробництва вакцини, отримати якісний та безпечний продукт, збільшити вихід готового продукту, отримати ацелюлярну вакцину менш реактогенною, але при цьому зберігши її імуногенність.

### Література:

1. Логвиненко Д.О. Біотехнологічні особливості виробництва вакцинних препаратів: дипл. проект / Д.О. Логвиненко – Харків, 2018. – 89 с.
2. Пат. 2332231 Российская Федерация, МПК А61К39/10. Способ получения бесклеточной вакцины для иммунопрофилактики коклюша / Сперанская В.Н., Семченко А.В., Семенова В.Д. и др.; заявитель(и) и патентообладатель(и) Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение по медицинским иммунобиологическим препаратам «Микроген» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – № 2006127548/13; заявл. 31.07.2006; опубл. 27.08.2008, Бюл. №24.

## ГРАВІТАЦІЙНИЙ ВПЛИВ НА ТРАЄКТОРІЮ СТРУМЕНЯ ПОВІТРЯНО-ТЕПЛОВОЇ ЗАВІСИ

Лужанська Г.В., Губар Л.Б., Остапенко Л.Ю., Ющук В.О.

*Одеський національний політехнічний університет,  
м. Одеса*

Температура повітря, що витікає з повітророзподільного отвору теплолокалізуючого пристрою  $T_3$  не може перевищувати нормовану температуру  $T_n$ , тобто  $T_3 \leq T_n$ . На траєкторію руху повітряного потоку крім сил інерції, впливають гравітаційні сили. Співвідношення цих сил визначається

критерієм Архімеда  $Ar = \frac{g \cdot b_o}{v_o^2} \cdot \frac{T_3 - T_{навк}}{T_3}$ , яке характеризує співвідношення

підйомних сил і сил в'язкості: де  $T_{навк}$  – температура навколишнього повітря, К;  $v_o$  – швидкість витікання повітряного потоку, м/с;  $b_o$  – ширина повітророзподільного отвору, м.

Нами експериментально досліджено відхилення траєкторії осі  $y = \frac{0,129 \cdot Ar \cdot S^{2,5}}{b_o^{1,5}}$  неізотермічного плоского струменя від початкового

напрямку при різних температурах навколишнього повітря  $t_{навк}$ , швидкості витікання повітряного потоку  $v_o$  з повітророзподільного отвору шириною ( $b_o$ ) зі збільшенням відстані по горизонталі ( $S$ ) від місця витікання (рис. 1) [1].

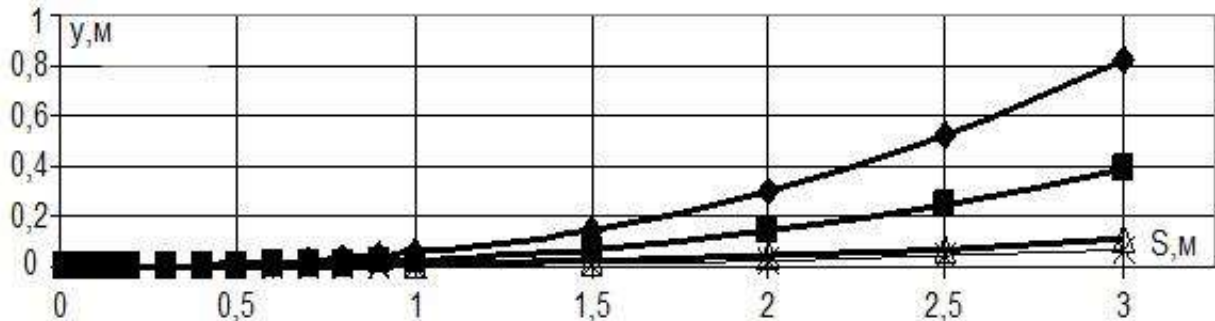


Рис.1 – Зміна траєкторії осі струменя в функції горизонтальної відстані  $S$  і критерію Архімеда:  $\blacklozenge$  -  $t_{навк} = -18$  °C;  $v_o = 8$  м/с;  $\blacksquare$  -  $t_{навк} = +14$  °C;  $v_o = 8$  м/с;  $\blacktriangle$  -  $t_{навк} = -18$  °C;  $v_o = 25$  м/с;  $\times$  -  $t_{навк} = +14$  °C;  $v_o = 25$  м/с.

Аналіз результатів дозволив встановити, що зміщення траєкторії плоского струменя під дією гравітаційних сил відбувається не тільки в вертикальній, а й у горизонтальній площині, що пояснюється гравітаційним впливом зовнішнього повітря на повітря всередині приміщенні, через різницю густини потоків.

### Література:

1. Лужанская А.В. Исследование влияния неізотермичности плоских струй на траекторию воздушного потока. // Научно-технический сборник «Коммунальное хозяйство городов». Выпуск 53. Серия: технические науки и архитектура. Харьковская Государственная Академия городского хозяйства. Киев «Техника», 2003. – С. 257–261

# ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОЗАХИСТУ БУДІВЛІ СИСТЕМАМИ ТЕПЛОЛОКАЛІЗАЦІЇ

**Лужанська Г.В., Денисова А.Є., Цуркан А.В., Опікунов Ю.А.**  
*Одеський національний політехнічний університет,  
м. Одеса*

Більше 50 % всіх енергоресурсів України витрачається на опалення житлових, офісних і виробничих будівель [1]. В даний час однією з найбільш актуальних проблем є пошук енергозберігаючих заходів та інженерних рішень щодо покращення комфортних умов в будівлях, які відрізняються мінімальними тепловими втратами, а також щодо поліпшення їх теплозахисту.

За результатами експериментів нами встановлено залежність витрати теплоти для різних систем теплолокалізації в функції температури зовнішнього повітря протягом опалювального сезону (рис. 1):

- для типової повітряно-теплової завіси (ТЗ);
- для завіси з розривом струменя (ЗРС), де повітровипускний отвір перекрито по вертикалі в перемежованому порядку [2].

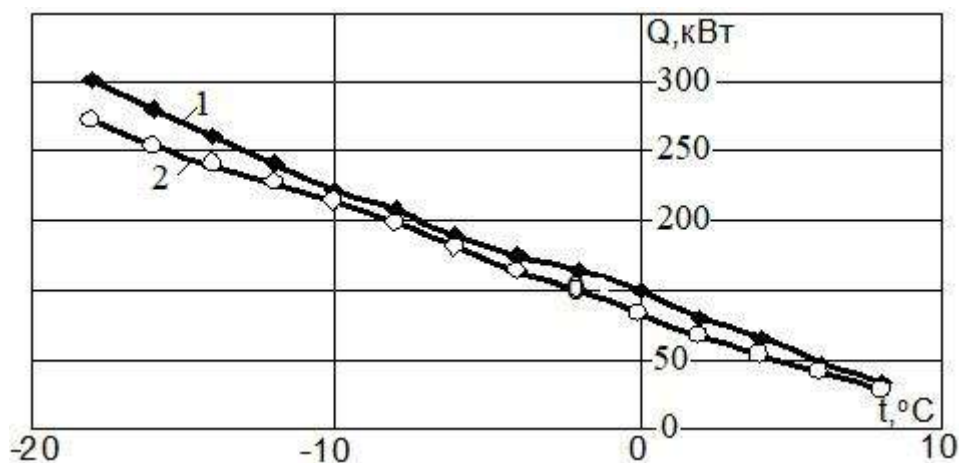


Рис.1 – Залежність витрати теплоти від температури довкілля:  
1 – ТЗ; 2 – ЗРС

Аналіз графіків показує, що теплова ефективність ЗРС у порівнянні з ТЗ протягом опалювального сезону становить 11 % в інтервалі позитивних температур довкілля (0...8 °C).

## Література:

1. Mazurenko A.S., Denysova A.E., Balasanian G.A., Klymchuk O.A., Borisenko K.I. Improving the efficiency of operation mode heat pump hot water system with two-stage akumulirovaniem heat // Eastern-european journal of enterprise technologies. 2017. – 1/8. С.27–34.
2. Лужанська Г.В., Денисова А.Є. Дослідження систем теплолокалізації повітряно-тепловими завісами//Холодильна техніка і технології, 2016. – №6. – С. 25–29.



## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ТЕПЛОЛОКАЛІЗАЦІІ ШЛЯХОМ ЗБІЛЬШЕННЯ ДАЛЕКОБІЙНОСТІ ПОТОКУ

Лужанська Г.В., Кандєєва В.В., Іванова Л.В., Тельпіс І.І.

*Одеський національний політехнічний університет,  
м. Одеса*

Зниження енергетичних витрат для забезпечення якісної роботи систем теплопостачання комунально-промислового сектора є однією з найгостріших проблем в Україні та світі. Системи теплолокалізації дозволяють попередити надмірний прорив холодного повітря в опалювальні приміщення.

Розглянемо ефективність системи теплолокалізації при різній далекобійності потоку. Перекриваючи повітровипускний отвір по вертикалі в шаховому порядку, можна одержати сумарне поле швидкостей, яке утворено повітряним потоком при злитті плоских струменів, при різних початкових швидкостях витікання повітряного потоку (рис. 1) [1].

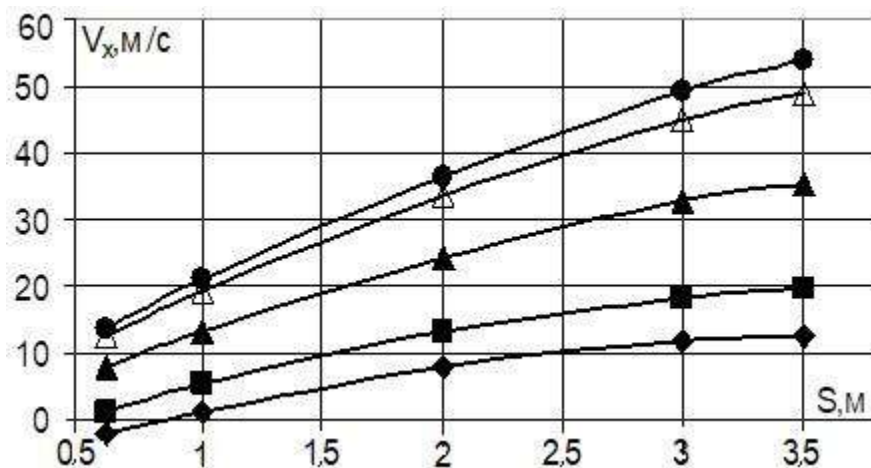


Рис. 1 – Зміна сумарної швидкості повітряного потоку  $V_x$  при збільшенні відстані по горизонталі:  $\blacklozenge$  – початкова швидкість витікання  $V_0 = 2$  м/с;  $\blacksquare$  –  $V_0 = 5$  м/с;  $\blacktriangle$  –  $V_0 = 10$  м/с;  $\triangle$  –  $V_0 = 15$  м/с;  $\bullet$  –  $V_0 = 17$  м/с

Аналіз графіків показує, що криві сходяться в одній точці. При цьому, чим менше початкова швидкість витікання повітряного потоку, тим менше кут нахилу кривих до осі  $S$ .

Отже, зі збільшенням початкової швидкості витікання повітряного потоку зі щільного перемищеного отвору повітряно-тепловій завіси спостерігається збільшення тангенціального кута нахилу кривих сумарного поля швидкостей. Це пояснюється тим, що чим більше початкова швидкість витікання, тим більше швидкість повітряного потоку в поперечному перерізі струменя. Таким чином, досягається збільшення далекобійності потоку та корисний енергозберігаючий ефект, відповідно, за рахунок підвищення ефективності роботи системи теплолокалізації.

### Література:

1. Лужанська Г.В. Дослідження систем теплолокалізації повітряно-тепловими завісами / Г.В. Лужанська, А.Є. Денисова// Холодильна техніка і технології, 2016. – №6. – С.25–29.

## **БІОТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИН ПРИ ОТРИМАННІ ІМУНОБІОЛОГІЧНИХ ЛІКАРСЬКИХ ЗАСОБІВ**

**Лукаш М.С., Огурцов О.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В роботі розглянута біотехнологія рослин при отриманні імунобіологічних лікарських засобів на прикладі технології виробництва вакцини проти вірусу папіломи людини (ВПЛ) з використанням трансгенної культури калусу рослини *Nicotiana Tabacum. L.* Кожного року по всьому світу виявляється більш ніж 400 тисяч нових випадків захворювань, пов'язаних з ВПЛ. Захворювання, що їх викликає вірус, з високою вірогідністю призводять до утворення злоякісних пухлин у людей, що є носіями вірусу. Технології з виробництва вакцини проти ВПЛ на даний час економічно неефективні і мають багато недоліків [1].

В ході роботи було поставлено завдання з розробки нової технології виробництва вакцини проти ВПЛ, з використанням трансгенного калусу рослини *Nicotiana Tabacum. L.* для продукування антигенів ВПЛ. Метою роботи є опис технологічного процесу з оглядом культури – продуцента, методів трансформації та розглядом структури відомих на даний час штамів ВПЛ.

В результаті роботи розроблено технологію трансформації калусної тканини Тютюну звичайного (*Nicotiana Tabacum. L.*) вектором, що кодує білки ВПЛ. Метод трансформації геному клітини векторною плазмідною, що містить генетичний код антигенів вірусу ВПЛ типів 6, 11, 16, 18 полягає у використанні бактерій роду *Agrobacterium* у якості агента трансформації [2]. Бактерії додають до культуральної рідини в ході процесу культивування. Клітини калусу вирощують методом двухстадійного проточного культивування у біореакторі протягом 15 діб. Набір антигенів вірусу ВПЛ виділяють з клітин калусу за допомогою методів центрифугування та гомогенізації високого тиску, очистку препарату від баластних речовин проводять з використанням молекулярно – розподільної хроматографії та ультрафільтрації. Кінцевим продуктом виробництва є рекомбінантна квадριвалентна вакцина проти ВПЛ, розфасована в ампули по 0,5 мл для внутрішньом'язового введення.

Використання у виробництві технології отримання вакцини проти ВПЛ за допомогою трансформованих клітин калусу *Nicotiana Tabacum. L.* може значно підвищити продуктивність технологічного процесу, зробити його більш швидким, ефективним та дешевшим, і при цьому отримати вакцинний препарат високої якості.

### **Література:**

1. Медуницын Н.В. Вакцинология : Учеб. пособие / Н.В. Медуницын – М.: Триада – Х, 2004. – 408 с.
2. Щелкунов С.Н. Генетическая инженерия: Учеб. – справ, пособие. – 2 –е изд., испр. и доп. / С.Н. Щелкунов. – Новосибирск: Сиб. унив. изд – во, 2004. – 496 с.

## УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА НАПІВТВЕРДИХ СИРІВ ТИПУ ГАУДА

Лук'янова Є.Є., Масалітіна Н.Ю.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Сири – це харчові продукти, які виробляються шляхом концентрування та біотрансформації основних компонентів молока під впливом ензимів мікроорганізмів і фізико-хімічних чинників. Виробництво сирів включає коагуляцію молока, відділення сирної маси від сироватки, формування, пресування під дією зовнішніх навантажень або власної ваги, соління [1].

Для інтенсифікації дозрівання сиру сквашування молока відбувається шляхом внесення закваски, що включає культури *Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus diacetylactis*, сичужного ферменту та хлористого кальцію, обробку сирного згустку, формування шляхом наливання, самопресування, соління і дозрівання. Самопресування ведуть при 25 – 35 °С, а дозрівання проводять протягом 20 – 25 діб. Температура самопресування є оптимальною для даного складу молочнокислих бактерій і є найбільш сприятливою для розвитку молочнокислої форми, внесеної з бактеріальною закваскою. При цьому під час самопресування сиру природним шляхом відбувається накопичення ферментів мікробного походження та в порівнянні з прототипом процес дозрівання закінчується швидше [2].

З метою підвищення біологічної та харчової цінності сиру додають до сирного зерна декапсульованих цист рачка *Artemia Salina* [3]. Зазначений результат досягається тим, що нутрицевтики, які містяться в цистах рачка *Artemia Salina*, використовуються бактеріями сирної закваски при їх метаболізмі, це сприяє прискоренню процесу дозрівання сиру на 5 – 8 % та до зміщення процесу в бік нарощування в кінцевому продукті вмісту амінокислот і вітамінів. Крім того, частина нутрицевтиків, не потрапляючи в трофічний цикл бактерій закваски, напямую потрапляє в кінцевий продукт як наповнювач [3].

Таким чином, готовий сир має приємний сирний смак з легкою пікантністю та солодкуватістю, пластичну консистенцію та короткий період дозрівання.

### Література:

1. Логинов В. А. Исследование и разработка технологии полутвердого сыра с пропионовокислыми бактериями: дис. кандидата технических наук: 05.18.04 / Логинов Виталий Анатольевич. – Кемерово, 2014. – 161 с.
2. Пат. 2013063 Российская Федерация, МПК A23C19/14. Способ производства твердого сыра / заявитель и патентообладатель Козиков Николай Семенович. – заявл. 06.05.1992; опубл. 30.05.1994.
3. Пат. 2265342 Российская Федерация, МПК A23C19/068. Способ получения витаминизированного твердого сычужного сыра «Профессорский» / Мотовилов О. К., Порсев Е. Г., Мотовилов К. Я., заявитель и патентообладатель “Государственное научное учреждение Сибирский научно-исследовательский и проектно-технологический институт”. – 2003112517/13; заявл. 17.04.2003; опуб. 10.12.2005 Бюл. № 34

## ПОШУК ЕФЕКТИВНОГО РОЗЧИННИКА ДЛЯ ЕКСТРАКЦІЇ ПОЛІФЕНОЛІВ

Любченко Н.М.<sup>1</sup>, Лабейко М.А.<sup>2</sup>, Гладкий Ф.Ф.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут»,*

<sup>2</sup> *Український науково-дослідний інститут олій та жирів*

*Національної академії аграрних наук України,*

*м. Харків*

**Введення.** Актуальним питанням на сьогодні є пошук нових розчинників для виділення природніх антиоксидантів (поліфенолів) зі шроту соняшника екстракцією, для збільшення виходу антиоксиданту.

**Матеріали та методи.** Із шроту соняшника, попередньо знежиреного в апараті Сокслета та подрібненого, виділяють поліфеноли за допомогою розчинника. Екстракцію проводять у колбі зі зворотнім холодильником на киплячій бані при перемішуванні на протязі 60 хв. Далі екстракт фільтрують, кількісно переміщують у мірну колбу ємністю 100 мл і об'єм доводять до мітки розчинником. Як розчинник було використано такі речовини: 1) 5 % розчин ацетаміда у 80 %-му водному розчині етилового спирту; 2) 80 % етиловий спирт; 3) етилацетат; 4) 5 % розчин Na солі гліцину у 80 %-му водному розчині етилового спирту; 5) диметилформамід; 6) 5 % розчин цетилового спирту у диметилформаміді; 7) ацетамід.

**Результати** наведено у таблиці 1. Згідно з даними таблиці 1 можливо зробити висновок, що ефективним розчинником для екстракції поліфенолів є 100% ацетамід.

Таблиця 1 – Екстракція поліфенолів різними розчинниками

Розчинник для екстракції	Ацетамід 5 % у 80 % етиловому спирті	Етиловий спирт, 80%	Етилацетат	Na сіль гліцину 5 % у 80 % етиловий спирт	Диметилформамід	Цетиловий спирт 5 % у диметилформаміді	Ацетамід, 100%
Кількість ХГК, у шроті, %	5,1	5,6	0,8	4,1	4,3	4,6	9,03

**Висновки.** Найкращим розчинником для виділення поліфенолів є 100% ацетамід, що можливо пояснюється взаємодією амідної групи розчинника з карбоксильними та гідроксильними групами поліфенолі

## **ЗАСТОСУВАННЯ ПОДВІЙНИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ ЦИНКУ В ГАЛЬВАНОСТЕГІЇ**

**Ляхов П.М., Артеменко В.М., Майзеліс А.А.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Сплави цинк-нікель і цинк-олово відрізняються підвищеними захисними властивостями завдяки поєднанню анодного захисту сталевій основі від корозії характерним для цинку, з високим опором хімічному руйнуванню, властивим нікелю, і олову і можуть служити заміною токсичних кадмієвих покриттів [1].

На даний час запропоновано значну кількість електролітів для осадження Zn-Ni сплавів, у тому числі як на основі простих гідратованих, так і комплексних іонів металів. Останні мають ряд суттєвих переваг в порівнянні з простими електролітами.

На кафедрі технічної електрохімії проведені дослідження щодо визначення умов отримання захисних покриттів сплавом Zn-Ni з амонійно-гліцинатного електроліту низької концентрації [2]. Показана доцільність використання даного сплаву як для отримання самостійного покриття, так і для нанесення тонкого шару сплаву на цинкове покриття і, таким чином, виключити з технологічного процесу операцію пасивації цинкових покриттів в розчинах, що містять токсичні сполуки Cr(VI).

Покриття сплавом Sn-Zn поєднують в собі функціональні і захисні властивості. Вони відрізняються високою корозійною стійкістю, здатністю до пайки, високою провідністю, не токсичністю. При вмісті цинку 20 – 50 % забезпечують анодний характер захист сталевій основі, виявляють високу корозійну стійкість як у промисловій атмосфері, так і в умовах морського і вологого тропічного клімату.

Для отримання сплаву Sn-Zn придатні тільки комплексні електроліти, класичним прикладом яких є лужно-ціанідний, який має ряд суттєвих недоліків. Для його заміни розробляються електроліти. Найбільш поширеними є цитратні та тартратні електроліти.

Нами проведені дослідження щодо обґрунтування вибору полілігандної системи, яка забезпечує зв'язування цинку і олова у комплексні сполуки необхідної міцності. Встановлені області потенціалів, в яких відбувається сумісне відновлення обох металів, визначено елементний склад покриттів, вплив ПАР на стабільність електроліту і якість катодних осадів.

### **Література:**

1. Tin–zinc alloy electrodeposition from aqueous citrate baths / [Kazimierzczak H., Ozga P., Jałowicz A., Kowalik R.] / Surface and coatings technology. – 2014. – Т. 240. – С. 311–319.
2. Майзеліс А.О. Умови формування цинк-нікелевого сплаву з аміакатно-гліцинатного електроліту низької концентрації / А.О. Майзеліс, В.М. Артеменко // Вісник НТУ «ХПІ». – 2018. – № 39(1315). – С. 19–22.

## ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Мазуренко А.С., Денисова А.Е., Кандеева В.В., Беленчук М.С.

Одесский национальный политехнический университет,

г. Одесса

Анализ эффективности традиционной парогазовой установки (рис. 1) и ПГУ с параллельными потоками газа в котле утилизаторе (рис. 2) показывает, что использование параллельного подогрева питательной воды контура высокого давления и рабочего тела контура среднего давления позволяет повысить КПД ПГУ (рис. 3б) по сравнению с показателями традиционной схемы (рис. 3а), что объясняется снижением необратимости процессов теплообмена между газами и рабочим телом парового цикла [1]. При этом изменение параметров пара паро-турбинной части ПГУ за счет использования теплоты газов после газотурбинной установки не позволяет существенно повысить КПД энергоустановки.

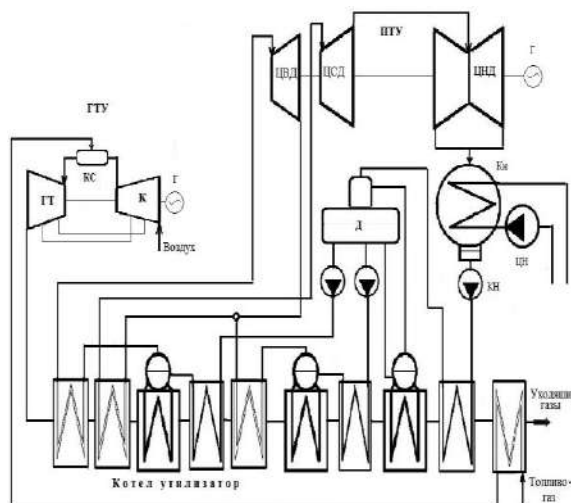


Рис. 1 – Традиционная ПГУ

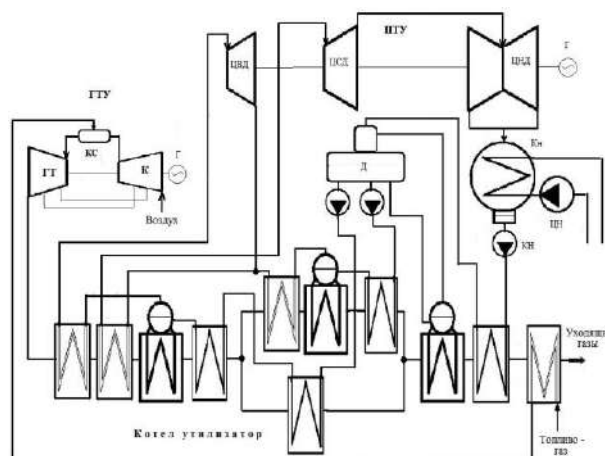
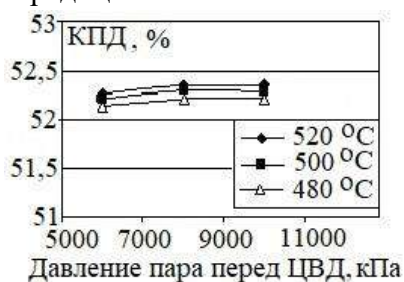
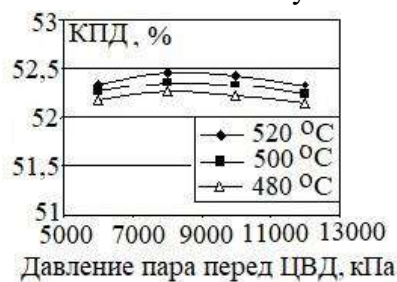


Рис. 2 – ПГУ с параллельными потоками газа в котле утилизаторе



а)



б)

Рис. 3 – КПД ПГУ при изменении температуры и давления пара перед ЦВД:  
а) традиционная схема (температура промпрегрева 451 °C); б) схема с параллельными потоками газа (температура промпрегрева 446 °C)

### Литература:

1. Мазуренко, А.С. Парогазовая установка повышенной экономичности за счет снижения необратимости процессов теплообмена в котле-утилизаторе / А.С. Мазуренко, А.Е. Денисова, В.В. Кандеева, Л.Б. Губарь // Вісник НТУ «ХП», 2018. № 18 (1294). – С.10–14.

**ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ  
НА ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ  
ЦЕЛЬЗІАН – СЛАВСОНІТОВОЇ КЕРАМІКИ**

**Майстат М.С., Волощук В.В., Пітак Я.М., Кривобок Р.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В світовій практиці виробництво радіопрозорих керамічних матеріалів на основі стронцієвих та барієвих алюмосилікатів проводять тільки за склокерамічною технологією. Найбільш перспективним напрямком для отримання керамічних радіопрозорих матеріалів, що характеризуються заданими електрофізичними властивостями в широкому температурному і частотному діапазоні, характеризуються високою жаростійкістю, ерозійною стійкістю та витривалістю до різких температурних коливань є матеріали на основі стронцієвого та барієвого анортитів відповідно з основною кристалічною фазою славсоніт та цельзіан.

В даній роботі було вивчено вплив технологічних параметрів розроблених радіопрозорих керамічних матеріалів (температура випалу (1300, 1350 та 1400 °C), час випалу виробів (1, 2, 3 годин) та часу помелу (10, 20, 30 хвилин)) на їх властивості (водопоглинання, уявну густину, відкриту поруватість та діелектричну проникність). Дослідження проводилось з попередньо синтезованим славсонітом та цельзіаном у співвідношенні 50/50.

Отримані дослідні зразки характеризуються наступними властивостями: уявна щільність ( $\rho = 2321 - 2379 \text{ кг/м}^3$ ), відкрита поруватість ( $P = 2,63 - 10,16 \%$ ), водопоглинання ( $W = 1,12 - 4,38 \%$ ) та діелектрична проникність ( $\epsilon = 4,26 - 9,76$ ) при частоті 1 кГц.

Найкращі властивості має зразок випалений при температурі 1300 °C, в окислювальному середовищі, з витримкою при максимальній температурі 2 години, з часом помелу 10 хвилин з наступними характеристиками: діелектрична проникність,  $\epsilon = 4,26$ , водопоглинання  $\approx 2,31 \%$ , відкрита поруватість  $\approx 5,43 \%$ , уявна густина –  $2354 \text{ кг/м}^3$ .

Методом рентгенофазового аналізу встановлено, що від розмірів кристалічної фази ( $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) залежать діелектричні властивості, а саме чим більше кристали тим більше значення діелектричної проникності і навпаки чим вони менші тим менше значення діелектричної проникності.

Комплексний аналіз отриманих даних показав, що за експлуатаційними характеристиками та властивостями, що визначають функціональність радіопрозорих матеріалів, отримані матеріали мають необхідні властивості та можуть бути рекомендовані для виготовлення обтічників літальних апаратів.

**ОПТИМІЗАЦІЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА  
МАСЛА КИСЛО-ВЕРШКОВОГО**  
**Мала В.В., Бєлих І.А., Огурцов О.М.**  
*Національний технічний університет*  
*«Харківський політехнічний інститут»,*  
*м. Харків*

*Масло кисло-вершкове* – вид вершкового масла, яке виробляють з пастеризованих вершків, сквашених чистими культурами молочнокислих бактерій [1].

Масло кисло-вершкове виробляють з доброякісних пастеризованих вершків методами збивання вершків у масловиготовлювачах періодичної (традиційна схема) і безперервної дії і перетворення високо-жирних вершків в спеціальних апаратах – масло-утворювачах [1].

Відмінною особливістю його технології у порівнянні з технологією масла солодко-вершкового є додаткова операція – біологічне сквашування вершків. При виробництві масла кисло-вершкового використовують гомоферментативні молочнокислі бактерії, що утворюють в основному молочну кислоту, а також гетероферментативні ароматоутворювальні бактерії, які, крім молочної кислоти, в значних кількостях утворюють інші продукти бродіння – оцтову та пропіонову кислоти, діацетил, етилоцтовий ефір і ін. [1].

На основі проведеного патентного пошуку нами було запропоновано удосконалення біотехнології виробництва масла кисло-вершкового. Біотехнологія заснована на використанні закваски, в яку входять штами *Streptococcus diacetylactis* і біфідобактерій в кількості 3 – 7 %. Закваска вноситься одночасно з рослинним маслом, стабілізатором та смаковими добавками з наступним перемішуванням протягом 5 – 10 хв при 30 – 32 °С [2].

Особливістю оптимізації є поєднання нової сукупності мікроорганізмів із застосуванням нової технологічної схеми приготування, при якій закваска вноситься в пласт масла після збивання, що дозволяє значно скоротити технологічний цикл, поліпшити якісні характеристики масла і процес його збивання [3].

Застосування даної сукупності мікроорганізмів і нової технології дозволяє підвищити стабільність масла при зберіганні, поліпшити смакові його характеристики з доданням дієтичних і лікувальних властивостей і знизити собівартість за рахунок спрощення технології [3].

**Література:**

1. Клещев Н.Ф. Общая промышленная биотехнология: Технология бродильных производств: Учеб. пособ. / Н.Ф. Клещев, М.П. Бенько. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – 200 с.
2. Пат. 2064270 Российская Федерация, МПК А23С15/02. Способ получения кисло-сливочного масла / В.П. Ильин, С.Г. Ильина, Т.В. Михайлова, Н.А. Юрченко. – Патентообладатель: ООО «Био-Веста».
3. Мала В.В. Біотехнологія виробництва масла кисло-вершкового: дипл. проект / В.В. Мала. – Харків: НТУ «ХПИ», 2018. – 86 с.



## ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ СИНТЕЗ МЕТАНСУЛЬФОКИСЛОТИ

Матрунчик О. Л., Тульський Г.Г.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В роботі розглянуто анодне окислення диметилсульфоксиду на двооксид свинцевому електроді вольтамперометричним методом в потенціодинамічному режимі та в умовах стаціонарної поляризації з використанням потенціостату Р-45Х.

Кінетику анодного процесу досліджували на двооксид свинцевому аноді з робочою площею поверхні 1 см<sup>2</sup>. В якості фонового електроліту використовували водний розчин 0,2 моль·дм<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Досліджувався вплив концентрації ДМСО в діапазоні 0,5...5,0 моль·дм<sup>-3</sup> на кінетику анодного процесу. Температура досліджень 288...363 К.

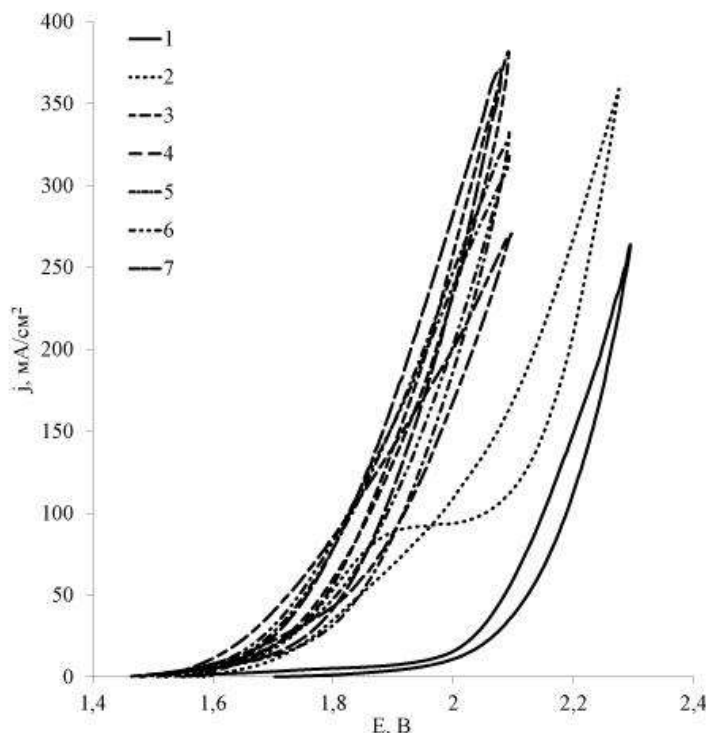


Рис. 1 – Циклічні вольтамперні залежності на діоксид свинцевому аноді в 0,2 моль·дм<sup>-3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1) з ДМСО (моль·дм<sup>-3</sup>):  
2 – 0,5; 3 – 1; 4 – 2; 5 – 3; 6 – 4; 7 – 5.

В сірчаній кислоті різниця між прямим і зворотнім ходом незначна, тобто SO<sub>4</sub> іони не виявляють сильної адсорбції на діоксиді свинцю. Зі збільшенням концентрації диметилсульфоксиду поляризація електродів знижується, при потенціалах вище 2,05 В починає адсорбуватися органіка, і на зворотньому ході потрібні струми більше, щоб її десорбувати. На діоксиді свинцю адсорбція органічних сполук проходить краще, ніж на платині, але на діоксид свинцю немає граничної густини струму по диметилсульфону. Це говорить про те, що окислення органіки на діоксиді свинцю відбувається шляхом утворення перекисних сполук і потім ці перекисні сполуки окислюють органіку.

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛООБМІННОЇ СИСТЕМИ УСТАНОВКИ КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ З ПОПЕРЕДНІМ ГІДРООЧИЩЕННЯМ**

**Миронов А.М., Ільченко М.В., Орловський І.А.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Станом на сьогодні сфера енергетики зазнає суттєвих змін в усьому світі. Україна в цьому процесі не тільки не виняток, але й потребує ще більших темпів вирішення галузевих проблем. Енергетика – це базис економічного розвитку будь-якої країни, а стабільна енергосистема є основою сталого розвитку та економічної безпеки. Рівень їхньої ефективності та правила, за якими вони функціонують, можуть створювати нові можливості або, навпаки, виступати в ролі стримувального фактору.

Основною проблемою економіки країни є її низька енергоефективність внаслідок наявності енергомісткого промислово-аграрного виробництва і енерговитратного житлово-комунального сектора. Для забезпечення максимально ефективного розвитку економіки й підвищення якості життя населення країни потребують невідкладного вирішення такі проблеми:

- зниження енергетичної залежності шляхом підвищення рівня забезпечення власними паливно-енергетичними ресурсами, диверсифікації джерел імпорту енергетичних ресурсів, створення резервних запасів паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР);

- зниження енергомісткості економіки та витрат енергії на соціальну сферу;

- оновлення основних фондів паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) та підвищення надійності, економічності та екологічної чистоти роботи його підприємств і промисловості.

Зараз, коли вартість енергії стрімко зростає та коли в Україні існує її дефіцит, питання економії енергії для промислових підприємств є життєво важливим. Тому більшість українських підприємств потребують реконструкції, а при будівництві нових підприємств необхідно використовувати сучасні ресурсо- та енергозберігаючі методи проектування.

Каталітичний риформінг належить до групи найбільш енергоємних етапів нафтопереробної галузі. Зниження питомого споживання первинних енергоносіїв на тону продукції у цьому процесі здатне призвести до суттєвої економії кількох видів ресурсів та відкинути необхідність значних капіталовкладень. Навіть часткова модернізація теплообмінної мережі подібного виробництва зумовить не тільки багатомільйонну економію, але й значне скорочення кількості шкідливих викидів, які з підприємства поступають до навколишнього середовища. Таким чином, доцільність вдосконалення теплообміну у названому процесі не підлягає жодним сумнівам, а корисний ефект включатиме до себе не тільки економічні, але й супутні вигоди.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СИРОВИННИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ТЕПЛОТУ ЗГОРЯННЯ ДОМЕННОГО КОКСУ**

**Мірошниченко Д.В., Мірошниченко І.В., Шульга І.В.,**

**Балаєва Я.С., Терещенко О.О.**

*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут»,*

*«Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут»,  
м. Харків*

Встановлено, що виробництво чавуну в своєму розпорядженні має найбільший потенціал енергозбереження в чорній металургії, а процеси в доменних печах і в коксовому виробництві відрізняється найбільшими енергоємністю і споживанням вуглецю [1 – 3].

Встановлено відсутність навіть факультативних вимог до величини теплоти згоряння виробленого українськими та іноземними підприємствами доменного коксу.

Рішення щодо розрахунку теплоти згоряння рідкого і твердого палива не дозволяють з достатньою точністю прогнозувати теплоту згоряння доменного коксу.

Через нестачу наукових результатів в області впливу сировинних і технологічних факторів виробництва коксу на величину його теплоти згоряння, в даний час відсутні технічно обґрунтовані технологічні прийоми її підвищення, що обумовлює необхідність проведення подальших досліджень в цьому напрямку.

### **Література**

1. Антонов А.В. Качество кокса и технологии коксования на основе более глубокого понимания поведения кокса в домменной печи / А.В. Антонов // Новости черной металлургии за рубежом. – 2018. № 1. – С. – 11.
2. Kejiang Li. Advanced coke quality characterization and coke making techniques based on in depth understanding of coke behavior inside blast furnace / Li Kejiang, B. Mansoor, Z. Jianliang // AIS Tech 2016. Procceding 16 – 19<sup>th</sup> May 2016. Pittsburgh, Pennsylvania, USA. P. 273 – 283.
3. Monaghan B. J. Reactivity of coke ash on aluminosilicate blast furnace hearth refractories / B. J. Monaghan, P.B. Drain, M. W. Chapman, R. J. Nightingate // ISI j International. 2014. Vol. 54. P. 810 – 819.

## INCREASING THE GEOTHERMAL HEAT EXCHANGERS AREA OF OIL-WELLS BOTTOM BY HEAT-CONDUCTING CALMATICS

Mohammed H. Abboud<sup>1</sup>, Mykhailo I. Fyk<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *PhD student NTU «Kharkiv Polytechnic Institute», Aman, Jordan*

<sup>2</sup> *National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,  
Institute of Chemical Technology and Engineering,  
Kharkiv*

The most effective technical solution to increase the coefficient of performance (*COP*) of downhole geothermal systems is the fins and the development of the thermal surface of heat exchange tubes [1]. For heat exchangers of type «Straight finned tube», the calculated increase the *COP* is 40 %, and for type «Meridian ribbed sphere» (Fig) – 95 % ((with an increase in the heat exchange surface by 3 times, the total length of the pipe sections is 2 km, the diameter of the heat exchanger sphere is about 10 m). The key parameters affecting the heat conversion coefficient *COP* of a geothermal heat exchanger are: fluid drainage radius during the heat exchange process, radius of pipelines with circulating coolant, diameter of the cluster heat exchanger, heat exchange area, parameters of thermal resistance of rocks in the bottomhole heat-receiving zone [2]. The authors suggested to carry out the development of the heat-exchange surface by hardening (calming) of the ribs and needles, geometrically fitting to the pipe sections. The influence of the finning factor (needle frequency, texture, roughness) of the heat exchanger surface on the thermal resistance of the fluid saturated rock in the intercostal space is noted. In subsequent studies, it is advisable to consider the effect on *COP* of the spatial incorporation into the geometric topology of intermediate heat exchangers, the profiling of heat-conducting intrusion elements into the rock (fins, needles, ribbons, pimples), the mesh parameters of the embedding elements (mesh density and spacing) and nanostructured heat exchange coatings surface.

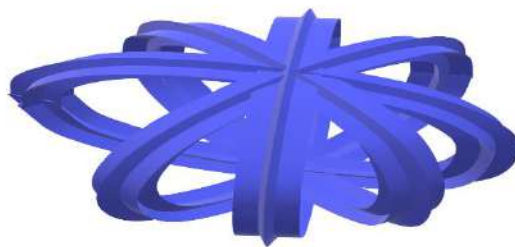


Fig.

### References:

1. N. Nickolas et al (2017) review on improving thermal-hydraulic performance of fin-and-tube heat exchangers. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 257 012049A.
2. Jon Limbergera, Thijs Boxemb , Maarten Pluymaekersb , David Bruhnc,d , Adele Manzella , Philippe Calcagnof , Fred Beekmana , Sierd Cloetingha , Jan-Diederik van Weesa (2018) Geothermal energy in deep aquifers: A global assessment of the resource base for direct heat utilization. Renewable and Sustainable Energy Reviews 82 (2018) 961–975.

## PREVENTIVE METHOD TO CALCIUM CARBONATE SCALING BY THE ALKALINE SULPHIDE SCAVENGER

Mohammed B. Al-Sultan\*, Mykhailo I. Fyk\*\*

\*PhD student(Irbil, Kurdistan) and \*\*Asoc. Prof. NTU «KhPI»,  
Kharkiv

**Introduction:** The alkaline sulphide scavengers most common  $H_2S$  scavenger type over the world the active martial of this kind of  $H_2S$  scavenger is the triazines, and the method (when there is good enough reaction time) - direct-injection into the storage tanks (reaction rate, contact time, and misting size & distribution contribute to the final scavenger performance (Fig A)) [1]. After long period of indirect injection of the alkaline sulphide scavengers, started a scale formed in the piping and pumps discharge [1]. **Solution:** We found that 15 – 20 second enough to have the same result of  $H_2S$  scavenger if we injected to the storage tank, so - we come out with an **injection port** designed (Fig B) for achieve spraying  $H_2S$  scavenger into the fluid and **achieve the contact time**. **Results:** With this amazing  $H_2S$  scavenger and long contact time with the oil we reduced the  $H_2S$  in the oil almost up to 90 % after injecting by **port** (Fig C). Below charts (Fig D, E) showing the results after changing  $H_2S$  **injection port** to the downstream of the transfer pumps ( $H_2S$  concentration slightly increased). Pumps and tank issues (calcium carbonate scaling) had been solved (Fig E).

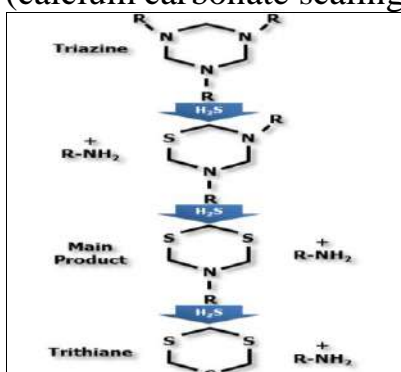


Fig A. Reaction scheme



Fig B. Port construction

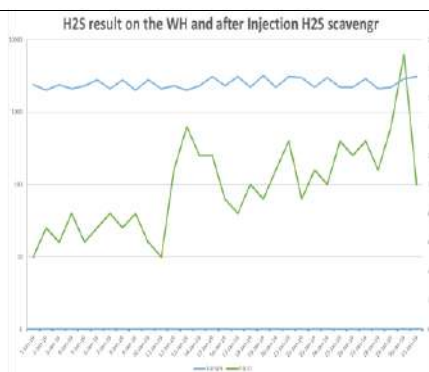


Fig C. Monthly result in tank

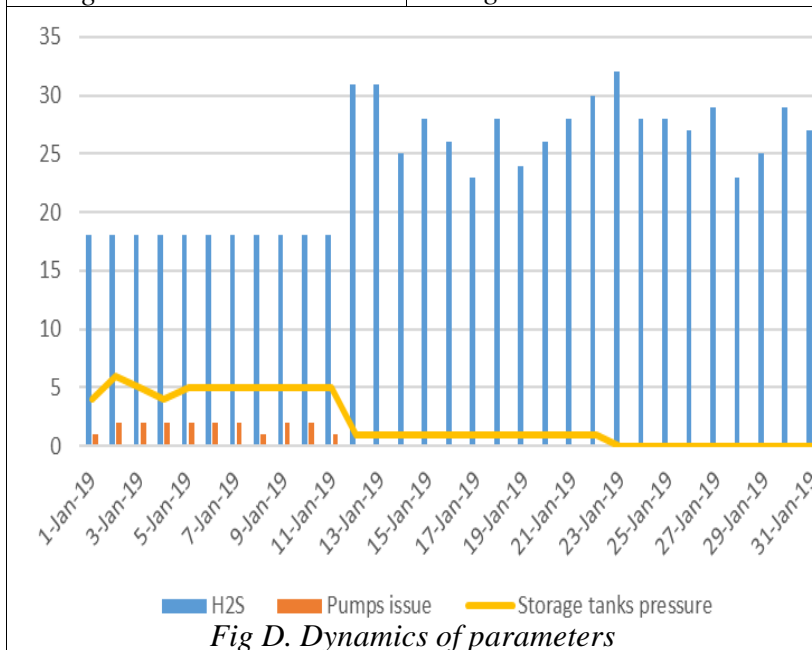


Fig D. Dynamics of parameters



Fig E. Flame arrester (before and after using the port)

### Reference:

1. H.R.Warner Jr (2007) PETROLEUM ENGINEERING. Vol. 6. 629 P.

# АНАЛИЗ НЕОБРАТИМЫХ ПОТЕРЬ ПРИ КОНДЕНСАЦИИ В ОБРАТНЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ЦИКЛАХ

Морозук Л.И., Соколовская В.В., Гайдук С.В., Мошкатюк А.В.  
Одесская национальная академия пищевых технологий,  
г. Одесса

Объектом научного исследования в работе выбраны конденсаторы, входящие в состав холодильных машин. Процессы в конденсаторах относятся к четвертой группе реальных процессов – необратимых как внутренне, так и внешне. Приведен анализ процесса конденсации рабочего вещества в водяном конденсаторе энтропийно-цикловым методом [1], на примере действительного обратного термодинамического цикла. В результате определена величина энергетической потери в конденсаторе, связанной с передачей тепла при конечной разнице температур и потерей давления при конденсации движущегося пара. Установлен перерасход работы в цикле холодильной машины. Термодинамический анализ выполнен графоаналитическим способом с помощью диаграммы состояний T-s (рис 1, 2).

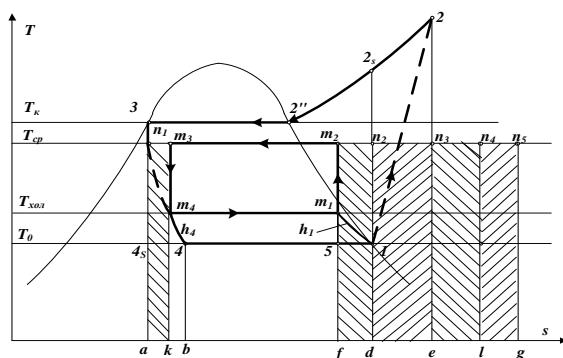


Рис. 1. – Определение энергетических потерь (ОЭП) в действительном обратном цикле, связанных с внешней (НК)

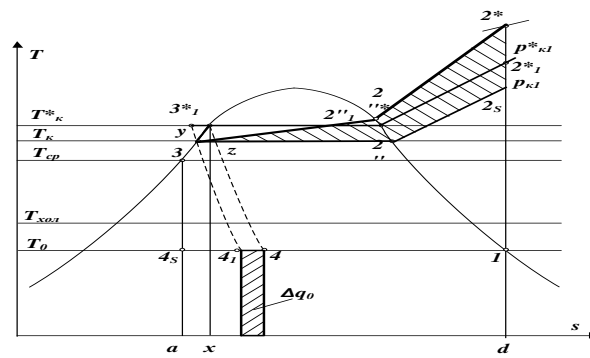


Рис. 2. – ОЭП в действительном обратном цикле, связанных с внутренней необратимостью в конденсаторе (НК)

Представленная графическая форма термодинамического анализа демонстрирует возможности трансформации внутренних необратимых потерь в конденсаторе в эквивалентные внешние потери, таким образом можно оценить их количественно, упростив сложный термодинамический анализ.

Энтропийно-цикловый метод является элементом логического метода, на котором базируется программа оптимизации и который дает возможность исключить область нереалистических решений. Метод обеспечивает анализ теплообменного аппарата, не требуя сложных аналитических и численных методов расчетов.

## Литература:

1. Morosuk, T. Entropy-cycle method for analysis of refrigeration machine and heat pump cycles [Text] / T. Morosuk, R. Nikulshin, L. Morosuk // Thermal Science. 2006. – Vol. 10, Issue 1, – pp. 111–124. doi: 10.2298/tsci0601111m.

## ЕКСПРЕС-МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ НАФТИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ

Набіль Сатер, Григоров А.Б., Тульська А.Г.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Запропоновано експрес-метод визначення підготовленості нафти до її переробки, по величині параметру діелектричної проникності. Впровадження цього методу у нафтопереробній промисловості дозволить, спростити процедуру, скоротити час та зменшити витрати на проведення аналізу. Нафта, яка подається до НПЗ, у своєму складі містить домішки (високо мінералізовану пластову воду та механічні домішки), які ускладнюють, а в деяких випадках, просто унеможливають процес її переробки, зумовлюючи корозійні процеси технологічного обладнання [1]. Тому у технологічній схемі первинної переробки нафти на НПЗ передбачена ділянка зневоднення та знесолення нафти. Для оцінювання ступеня підготовленості нафти, після цієї ділянки, можна ввести поняття показник підготовленості нафти (ППН), який можна представити у наступному вигляді

$$\text{ППН} = \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість показників якості нафти;  $x_i$  – значення  $i$ -го показника якості.

По ступеню підготовленості нафти, що подається на переробку, в залежності від значень, таких стандартизованих показники, як масова доля води, механічних домішок та концентрація хлористих солей, її поділяють на три групи (I, II, III). Нафта відноситься до неполярних діелектриків, електричні властивості якої можуть бути виражені її відносною діелектричною проникністю ( $\epsilon$ ). Наявність у нафті пластової води сприяє збільшенню величини  $\epsilon$  [2], що дозволяє використовувати цей параметр для визначення ППН, замість стандартизованих показників. У загальному випадку, приймаємо, що залежність ППН від середнього значення  $\bar{\epsilon}$ , для зручності, можна представити у вигляді лінійної функції. Далі, спираючись на стандартизовані показники якості нафти, необхідно визначити середні значення  $\bar{\epsilon}_I$ ,  $\bar{\epsilon}_{II}$ ,  $\bar{\epsilon}_{III}$  для кожної групи нафти, у відповідності до, яких розрахувати значення ППН<sub>I</sub>-ППН<sub>III</sub>. Використання цього методу дозволить значно спростити процедуру та скоротити час визначення підготовленості нафти до її переробки.

### Література:

1. Лебедьков А.Е. Справочник инженера по подготовке нефти / А.Е. Лебедьков, А.В. Кан, А.Е. Андреев, Л.В. Лушникова. Нефтеюганск. – 2007. – 299 с.
2. Сураев С.В. Определение содержания воды и металлосодержащих микроэлементов в нефти в потоке трубопровода / С.В. Сураев, В.Н. Астапов // Вестник Самарского гос. ун-та. Серия техн. Науки. – 2011. – № 1 (29). – Т.1. – С. 233–242.

## **ОЛЕОГЕЛІ – ЖИРОВІ СИСТЕМИ НОВОГО ПОКОЛІННЯ**

**Некрасов П.О., Гудзь О.М., Некрасов О.П., Руднєва С.І.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Жирові системи є невід'ємною складовою харчування людини. Згідно даних асоціації «Укроліапрот» вітчизняними підприємствами за підсумками 2017 – 2018 маркетингового року було вироблено 226 тис. тон маргаринової продукції і у цьому році прогнозується підвищення цього показника. Переважна більшість твердих жирів у рецептурах зазначеної продукції виробляється методом часткової гідрогенізації, який призводить до утворення у їх складі значної кількості транс-ізомерів жирних кислот.

Результати багатьох наукових досліджень показали, що споживання жирів, які у своєму складі містять надмірну кількість транс-ізомери жирних кислот, негативно впливає на організм людини. Зокрема, доведена наявність зв'язку між споживанням вказаних жирів і підвищенням ризику розвитку серцево-судинних захворювань та хвороб порушення метаболізму.

Одним із перспективних напрямків вирішення проблеми зниження вмісту транс-ізомерів в харчових продуктах є створення жирових систем нового покоління, а саме олеогелів.

Олеогель є колоїдною системою, де дисперсійним середовищем є олія, а дисперсною фазою – складні органічні сполуки ліпідної природи, зокрема неповні ацилгліцерини, воски, жирні кислоти, стероли та інші.

Роботу присвячено встановленню взаємозв'язку між рецептурним складом олеогелів та їх теплофізичними властивостями.

Для проведення досліджень як вихідну сировину використовували наступні жирові інгредієнти: високоолеїнову соняшникову олію, що виконувала роль постачальника мононенасичених жирних кислот, бджолиний віск, трипальмітин та моноацилгліцерини. Особливістю зазначених рецептурних компонентів є практично повна відсутність у їхньому складі транс-ізомерів жирних кислот. Вибір комплексу гелаторів ґрунтувався на їх властивостях створювати в жирових системах тривимірну структуру з заданими термомеханічними характеристиками.

Для планування експерименту та обробки експериментальних даних було застосовано методологію поверхні відклику. Визначення невідомих значень вектора параметрів здійснювалось шляхом застосування алгоритмів регресійного аналізу. В результаті було розроблено математичну модель, яка дозволяє, виходячи з даних про компонентний склад олеогелів прогнозувати їх теплофізичні властивості.

Отримані результати слугуватимуть науковим підґрунтям для розробки технологічних параметрів промислового виробництва олеогелів, умов і термінів їх зберігання та транспортування.



## **ДОСЛІДЖЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У ТРАНСПЛАНТАЦІЇ**

**Нестерова К.М., Огурцов О.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

На сьогоднішній день трансплантація органів та тканин впроваджена до клінічної практики в більшості країн світу. Причинами цього є те, що більшість захворювань можливо вилікувати тільки пересадкою донорських матеріалів. Проте цей метод є доволі складним, через необхідність підбору гістосумісних донорів. Для вирішення цієї проблеми у сучасній медицині використовують трансплантацію стовбурових клітин [1].

Стовбурові клітини - недиференційовані клітини, що здатні до самооновлення і диференціювання в різні спеціалізовані клітини. Розмножуючись і диференціюючи, стовбурові клітини заповнюють втрати спеціалізованих клітин в результаті їх природної загибелі, при травмах, хворобах. Оскільки в більшості випадків в трансплантації використовують мезенхімальні стовбурові клітини. Тому для отримання препаратів таких стовбурових клітин у фармацевтичній біотехнології використовують технологію виділення, очищення та культивування клітин кісткового мозку на поживному середовищі. Мезенхімальні стовбурові клітини можуть як диференціюватися у кардіоміцети, кісткові, хрящові та нервові клітини так і синтезувати апоптотичні й антизапальні молекули. При цьому стовбурові клітини виділяють із кісткового мозку пацієнта, тобто реципієнт трансплантата є його донором для самого себе. Через те, що при культивуванні на поживному середовищі втрачаються індивідуальні антигени стовбурових клітин [2].

Дослідження показали, що стовбурові клітини завдяки своїм функціям використовуються в трансплантології для лікування багатьох захворювань, таких як вовчанка, цукровий діабет другого типу, хвороба Альцгеймера [3]. Використання спеціальної технології їх виділення та культивування дозволяє збільшити кількість клітин та усунути ризик відторгнення клітин.

### **Література:**

1. Аисимов А. Ю. Трансплантация как метод лечения больных с конечными стадиями диффузных заболеваний печени / Аисимов А. Ю.. – 21 с.
2. СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ (обзор литературы). // Учреждение образования "Гомельский государственный медицинский университет" (Гомель). – 2009. – №1. – С. 46–51.
3. Можливості застосування стовбурових клітин в сучасній медицині [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [Https://deva-cryo.com](https://deva-cryo.com).

## **EXERGY LOSSES IN SUGAR PRODUCTION**

**Nikulshin V.R., Denysova A.E., Melnik S.I., Poholjuk R.A.,  
Strelchuk S.V.**

***Odessa National Polytechnic University,  
Odessa***

It was considered a typical technological scheme of a sugar production factory with a capacity of 3000 tons/day, and determined the corresponding exergy characteristics.

In the initial preparing of product, the greatest loss of exergy (187 kW) falls on the process of obtaining affinity sugar with a minimum value of the degree of thermodynamic perfection 0.5. This is due to dissipative losses of centrifugation processes, mechanical separation and grinding, diffusion, in which energy is used on the equipment drives.

In the processes of syrups heating the exergy losses caused to heat transfer irreversibility at sufficiently high temperature differences, and the dissipative losses of the product transportation process in the subsequent processing steps. The largest losses of exergy (93 kW) fall on the process of heating the syrup of affinity sugar at a low value of the degree of thermodynamic perfection 0.77.

For syrup evaporation the greatest exergy loss (kW 1451) occur in the process of primary refined (as well as a low value of 0.55 degree thermodynamic perfection), which results to a large heat flows and an irreversibly of heat transfer processes at high temperature differences.

In the processes of collecting syrups, loss of exergy caused by dissipation in transportation of the product from several locations with subsequent mixing and direct losses of a heat to the environment from the equipment due to imperfect thermal isolation. The largest losses of exergy (10 kW) fall on the process of collecting the syrup 2 product at a sufficiently high value of the degree of thermodynamic perfection 0.92.

During filtration, the greatest loss of exergy (30 kW) falls on the process of filtering the syrup before sulphation at a sufficiently high value of the degree of thermodynamic perfection 0.89. This is due to the dissipative processes during filtration and the low quality of filtration material.

As follows from the consideration of the results for system of sugar production as a whole, the greatest exergetic losses are observed during the process of syrup evaporation (more than 70 % of the exegetic losses of the whole process of sugar production). These processes are also characterized by the lowest degree of thermodynamic perfection from all the processes under consideration (0.54), therefore, for these processes have been given the most attention.

## **ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАФТОВІДДАЧІ**

**Овсяннікова Т.О., Донський Д.Ф., Яцкевич О.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Забезпечення України ресурсами вуглеводнів – одне з найбільш актуальних завдань сьогодення. Важливу роль у вирішенні цього питання відіграє власний видобуток вуглеводнів у Дніпровсько-Донецькій западині (ДДЗ), яка була й залишається основним нафтогазоносним регіоном України.

На сьогоднішній день важливим питанням є отримання важко видобувної і залишкової нафти, оскільки інтенсивно зменшуються запаси нафтових родовищ України.

Залишкова нафта у заводнених пластах утримується в нерухомому стані поверхнево-молекулярними, капілярними силами в масштабі окремих пор і малопроникних включень, а також в'язкісними силами в масштабі слабопроникних різновидів і верств пласта. Змусити рухатись залишкову нафту у заводнених пластах можна, тільки повністю позбувшись дії капілярних сил або знизивши їх настільки, щоб вони стали меншими від гідродинамічних сил, що створюються перепадом тиску, і вирівнявши рухливість в різних верствах пласта.

У теперішній час перспективним є застосування мікробіологічних (уведення в шар продуктів життєдіяльності бактерій або живильних субстратів, що стимулюють активність пластового біоценозу) методів збільшення нафтовіддачі, які застосовуються в основному на родовищах, розроблювальних за допомогою заводнення. Присутність водної фази створює умови для розвитку багатой і різноманітної пластової мікрофлори.

Мікроорганізми, що живуть у нафтових шарах, здатні утворювати метаболіти, які витискають нафту, такі як полімери, поверхнево-активні речовини, гази, кислоти й розчинники. Активність мікрофлори може бути заснована на біодеградації частини залишкової нафти в шарі.

Вибір біотехнології підвищення витиснення нафти ґрунтується на оцінці масштабів сучасних біогеохімічних процесів і умов конкретного нафтового шару.

Також перспективними є поєднання мікробіологічних та фізико-хімічних методів для підвищення витиснення нафти. Наприклад, комплексні методи засновані на підвищенні активності аборигенної пластової мікрофлори після застосування композицій, які витиснюють нафту.

Нами пропонується для підвищення витиснення нафти використовувати складну композицію анаеробних та аеробних мікроорганізмів, яка пройшла попередню підготовку.

## ОПТИМІЗАЦІЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КОРМОВОГО КОНЦЕНТРАТУ ВІТАМІНУ В<sub>12</sub> З ВІДХОДІВ СПИРТОВИХ ЗАВОДІВ

Овчаренко К.В., Ларінцева Н.В., Огурцов О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Вітамін В<sub>12</sub> відіграє велику роль в процесах метаболізму, бере участь в білковому та вуглеводному обміні. Він стимулює кровотворення в організмі, бере участь в обміні амінокислот та нуклеїнових кислот. Вперше він був виділений із печінки тварин в кількості 10 мг на 1 тону і став ефективним способом лікування злоякісної анемії [1].

На сьогодні одним із напрямків розвитку науково-технічного прогресу є перехід від хімічної технології до біотехнології для одержання високоякісного цільового продукту з меншою собівартістю. Хімічний синтез вітаміну В<sub>12</sub> є недоцільним, оскільки складається із 70 стадій, тому єдиний спосіб отримання вітаміну В<sub>12</sub> – це мікробіологічний синтез в промисловому масштабі [2].

Активними продуцентами вітаміну В<sub>12</sub> у природі є мікроорганізми, які населяють кишківник тварин, ґрунт, гнильний шлам каналізаційних викидів та інші природні середовища, які підходять для інтенсивної життєдіяльності мікроорганізмів. Продуценти вітаміну В<sub>12</sub>, які найчастіше використовуються в промисловому синтезі: *Propionibacterium shermanii* за допомогою якого отримують до 58 мг/л вітаміну, штам *Pseudomonas denitrificans* – до 59 мг/л В<sub>12</sub> та штам *Pseudomonas fluorescens* ВКМ В-2224Д – 120 – 150 мкг/мл В<sub>12</sub>, який використовується для задовільнення медичних потреб. Для потреб тваринництва та птахівництва вітамін В<sub>12</sub> отримують, використовуючи змішану культуру, що містить термофільні метаноутворюючі бактерії за допомогою яких отримують 1,5 – 2 г/л вітаміну В<sub>12</sub>. При метановому бродінні відбувається відновлення СО<sub>2</sub> або СО молекулярним воднем або воднем, що відщеплюється від органічних речовин. Основним субстратом для метанового бродіння є барда ацетоно-бутилових і спиртових заводів. Високий вміст вітаміну у клітинах метаноутворюючих бактерій пов'язаний з його функцією у процесі утворення метану [1].

На основі використаних літературних джерел [2, 3] в якості біологічного продуценту обрано метаноутворюючі бактерії через їх високу здатність до синтезу цільового продукту, а використання в якості джерела вуглецю ацетоно-бутилової барди знижує собівартість виробництва та готового продукту.

### Література:

1. Овчаренко К. В. Біотехнологія виробництва кормового концентрату вітаміну В<sub>12</sub> з відходів спиртових заводів: дипл. проект / К. В. Овчаренко. – Харків, 2018. – 85 с.
2. Хамагаева И. С. Биотехнология заквасок пропионовокислых / И. С. Хамагаева. – М.: ВСГТУ, 2006. – 172 с.
3. Воробьева Л. И. Микробиологический синтез витаминов / Л. И. Воробьева. – М.: МГУ, 1989. – 267 с.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КОРМОВОГО КОНЦЕНТРАТУ ВІТАМІНУ В<sub>12</sub> З ВІДХОДІВ СПИРТОВИХ ЗАВОДІВ**

**Овчаренко К.В., Ларінцева Н.В., Огурцов О.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Ціанкобаламін (вітамін В<sub>12</sub>) широко застосовується в тваринництві, де він став фактором, здібним покращити використання білка рослинних кормів без застосування дефіцитних та дорогих кормів тваринного походження [1].

Вітамін В<sub>12</sub> – це вітамін, який не синтезується вищими рослинами, в кормах рослинного походження його майже немає. Вітамін В<sub>12</sub> треба додатково додавати до раціону домашньої худоби та птиці. Він ще має назву антианемічний, оскільки його відсутність в кормі призводить до анемії. Він сприяє росту тварин, виконує кровотворну функцію в організмі, а також впливає на обмін білка, регулює оптимальний баланс в організмі метіоніну, треоніну, валіну, лейцину та ізолейцину [1].

Дефіцит ціанкобаламіну проявляється в уповільненні росту молодняку, поганому засвоєнню корму та підвищенні смертності ембріонів та курчат [1].

На ринку представлено багато кормових концентратів, преміксів та біологічно-активних домішок до кормів, але більшість з них імпорتنі та мають досить високу ціну, тому дуже актуальним є розвиток та удосконалення технології кормовиробництва в Україні для одержання високоякісного цільового продукту з меншою собівартістю [1].

Виробництво кормового концентрату вітаміну В<sub>12</sub> включає наступні технологічні процеси: безперервне зброджування відходів спиртового виробництва (барди) біоценозом термофільних метаноутворюючих бактерій у дві фази, в нестерильних умовах при температурі 55 – 57 °С [2]. На першій фазі відбувається накопичення жирних кислот та аміаку, на другій – метану, діоксину вуглецю та вітаміну В<sub>12</sub>. Стабілізацію метанової бражки та її згущення проводять на випарних апаратах, сушку згущеної маси – на розпилювальних сушарках [1].

Запропоновано удосконалення технології виробництва кормового концентрату вітаміну В<sub>12</sub> за рахунок прискорення метанового бродіння ацетоно-бутилової барди методом дискретно-імпульсного введення енергії в режимі рециркуляції за 8 – 10 циклів протягом 40 – 48 годин, що дозволить збільшити концентрацію вітаміну В<sub>12</sub> в метановій бражці на 30 – 35% (до 850 мкг/л), вдвічі скоротити тривалість процесу і, як наслідок, зменшити енерговитрати [2].

### **Література:**

1. Овчаренко К. В. Біотехнологія виробництва кормового концентрату вітаміну В<sub>12</sub> з відходів спиртових заводів: дипл. проект / К. В. Овчаренко. – Харків, 2018. – 85 с
2. Пат. 74041 Україна МПК СО7Н23/00. Спосіб одержання кормового концентрату вітаміну В<sub>12</sub> / О. М. Ободович., Б. Х. Драганов., Т. Е. Мудрак., Т. І. Лисак; власник Інститут Технологічної Теплофізики НАН України. – № 05178; заявл. 26.04.2012; опубл. 10.10.2012; Бюл. №19, 2012. – 4 с.

## РОЗЧИНЕННЯ СПЛАВУ WC-Co У РОЗЧИНІ ХЛОРИДНОЇ КИСЛОТИ

Османова М.П., Тульський Г.Г., Ляшок Л.В., Соболева А.Е.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Рециклінг вольфраму дозволяє вирішити проблему накопичення відходів, які накопичуються під час виробництва та в результаті експлуатації твердодріжучого інструменту (різців, напайок, свердел і ін.), а також знизити економічне навантаження на виробництво, так як відомо, що ціни на вольфрамові концентрати і вольфрамові матеріали продовжують рости з кінця 2015 – початку 2016 року [1].

При переробці вторинної сировини важливим етапом є її розчинення. Дана робота посвячена електрохімічним методам перероблення псевдосплаву карбідного типу WC-Co (WC – 92 %, Co – 8 %), оскільки вони дозволяють значно збільшити продуктивність процесу і забезпечити чистоту кінцевого продукту.

Рециклінг вторинної вольфрамвмісної сировини можливий у розчинах кислот  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ . Поведінка сплаву WC-Co у цих електролітах у значній мірі характеризується властивостями металевого вольфраму, так як він є основним компонентом. Тобто реакційна здатність сплаву падає в ряду  $\text{HNO}_3 > \text{HCl} > \text{H}_2\text{SO}_4$  [2]. Для досліджень було обрано розчин хлоридної кислоти, оскільки за своїми характеристиками він є менш агресивним за  $\text{HNO}_3$ , та проявляє більшу ефективність, на відміну від  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Електрохімічне розчинення сплаву відбувалося в розчинах  $\text{HCl}$  1, 4, 7 моль·дм<sup>-3</sup>. При аналізі поляризаційних залежностей вольфрамового електроду нами виявлено, що при збільшенні концентрації швидкість процесу зменшується, що пояснюється зниженням електропровідності електроліту.

Встановлено, що вольфрам у розчині хлоридної кислоти може окиснюватись до вищого оксиду  $\text{WO}_3$ . З метою інтенсифікації процесу було досліджено вплив домішки  $\text{NaClO}$ . Встановлено, що при дії окисника швидкість анодного процесу збільшується, а кінцевим продуктом реакції є вищий оксид вольфраму.

Анодне розчинення псевдосплавів карбідного типу WC-Co в розчині хлоридної кислоти показало, що підвищення концентрації хлоридної кислоти з 1 до 4 моль·дм<sup>-3</sup> збільшує швидкість розчинення в 4...5 раз. Введення в електроліт окисника збільшує ефективність процесу та дозволяє одержати вищий оксид вольфраму без додаткових операцій.

### Література:

1. Shedd K. B. TUNGSTEN [Електронний ресурс]. Kim B. Shedd. Mineral Commodity Summaries. 2018. Режим доступу до ресурсу: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/tungsten/mcs-2018-tungst.pdf>.
2. Паршутин В. В. Коррозионное и электрохимическое поведение псевдосплавов на основе вольфрама и их компонентов. Электронная обработка материалов. 2008. №6. С. 27 – 45.

## ХЕЛАТИ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ВИРОБНИЦТВІ РІДКИХ КОМПЛЕКСНИХ ДОБРІВ

Остапчук Д.Д., Савенков А.С., Хлопицький О.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Аграрна галузь в Україні є однією з найважливіших та перспективних: продовольчі товари та сільськогосподарська продукція загалом займають частку експорту розміром у майже 20 %. Тому підвищення урожайності сільськогосподарських культур має бути одним з першочергових завдань. Одним із рішень цього є застосування рідких комплексних добрив з хелатами мікроелементів.

Відомо широкий спектр рідких концентратів, що містять найважливіші елементи харчування рослин, і легко засвоювані мікроелементи хелатовані з'єднанням  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  й органічними кислотами. Добрива містять різноманітний склад N : P : K і мікроелементи B, Cu, Mn, Mo, Zn, Fe, Ca, Mg.

Для приготування рідких комплексних добрив з хелатами важливою є розчинність ЕДТА за різних температур, рН середовища і гідродинамічні параметри в реакторі. Стійкість хелатів різноманітних мікроелементів в залежності від рН наведена на рис. 1.

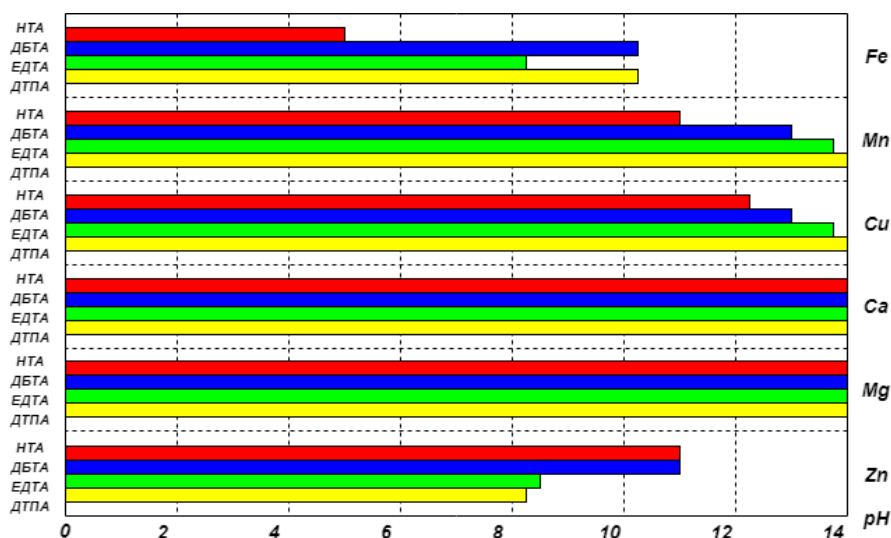


Рис. 1 – Стійкість хелатів від рН розчину:

HTA – нітрилооцтова кислота (трилон А, комплексон І);

ДБТА – дигідроксибутилендіамінтетраоцтова кислота;

ЕДТА – етилендіамінтетраоцтова кислота (трилон Б, комплексон ІІІ)

ДТПА – диетилентриамінпентаоцтова кислота

Проведеними дослідженнями встановлені механізми процесу стадії хелатування мікроелементів, а також параметри: концентрація компонентів, температура процесу (60 – 70 °С), турбулентний режим з критерієм Рейнольдса ( $Re > 100$ ). Отримані хелати металів можна використовувати для створення рідких комплексних добрив різноманітного складу.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА ЭКСТРАКЦИИ КУРКУМИНА ИЗ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ

Пилипенко Д. М.<sup>1</sup>, Дудниченко А. С.<sup>2</sup>, Краснопольский Ю. М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Национальный технический университет*

*«Харьковский политехнический институт»,*

<sup>2</sup>*Харьковская медицинская академия последипломного образования,  
г. Харьков*

Ряд заболеваний сопровождается разрушением биологических мембран за счет роста продуктов перекисного окисления, для снижения которых применяются антиоксиданты различного происхождения, в частности, куркумин – растительный биофлавоноид с высокой антиоксидантной активностью. Накоплена доказательная база относительно его фармакологической активности: противовоспалительной, противоопухолевой, антиоксидантной и др. [1].

Применение куркумина ограничено его гидрофобностью и, в основном, представлено препаратами для приёма *per os*, биодоступность которых крайне мала. В свободной форме он плохо адсорбируется и быстро метаболизируется в желудочно-кишечном тракте. Для увеличения биодоступности необходимо создать водорастворимую форму куркумина. С этой целью проводятся исследования по его включению в эмульсии, гели, полимерные наночастицы и липосомы. Так как сегодня отсутствует зарегистрированная субстанция куркумина, первым этапом создания его липосомальной формы является разработка технологии получения куркумина. С целью выбора оптимального экстрагента была проведена экстракция пятью органическими растворителями (табл. 1) в течение различного времени, при периодическом перемешивании, при 45 – 50 °С и соотношении сырье: экстрагент 1 : 5 – 1 : 10. Содержание куркумина было определено спектрофотометрическим методом при 540 нм в реакции с борной кислотой.

Таблица 1 – Результаты экстракции куркумина

Растворитель	Концентрация куркумина, мг/мл	Чистота куркумина, %
Этанол	5,030±0,255	43,1±1,4
Метанол	5,335±0,459	34,7±0,8
Ацетон	4,097±0,191	36,4±3,7
Хлороформ	4,145±0,246	40,8±0,5
Гексан	0,095±0,040	2,5±1,3

Как видно из приведенных данных, наиболее эффективные растворители – этанол и метанол. Содержание куркумина в этих экстрактах выше, чем при использовании ацетона и хлороформа. Содержание биофлавоноида в метанольном экстракте выше, чем при использовании этанола, однако, показатели чистоты метанольного экстракта существенно ниже.

### Литература:

1. Пилипенко, Д. М. Применение нанобиотехнологических форм куркумина / Д. М. Пилипенко, Д. С. Безрукавый, Ю. М. Краснопольский // Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях. – 2018. – № 9 (1285). – С. 218–229.



## **КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН**

**Подустов М.О., Дзевочко О.М., Білецька А.А., Силаічев В.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Для сучасного стану розвитку систем управління характерне широке впровадження комп'ютерно-інтегрованих технологій. Світовий досвід і аналіз роботи промислових виробництв, пов'язаних з випуском поверхнево-активних речовин показують, що неможливо підвищити якість продукції, знизити загальні витрати та поліпшити вплив на навколишнє середовище без широкого впровадження мікропроцесорної і комп'ютерної техніки для управління технологічним процесом. Сучасна автоматизована система являє собою багаторівневу людино-машинну систему управління, що забезпечує збирання і оброблення інформації та реалізацію управляючих дій, які необхідні для оптимізації управління згідно до вибраного критерію. На даний час набули широкого застосування промислові контролери, інтелектуальні первинні вимірювальні перетворювачі, панелі оператора, інтелектуальні виконавчі механізми. Наявність обчислювальних функцій надає таким засобам розширену функціональність [1].

Використання як загального, так і спеціального програмного забезпечення також значно розширюють реалізацію основних інформаційних і управляючих функцій системи.

Основним завданням комп'ютерно-інтегрованої технології одержання поверхнево-активних речовин є підтримка заданих значень технологічних параметрів шляхом компенсації виникаючих збурень. Аналіз технологічного процесу показав, що найбільш істотні збурення вносяться при змінах молярного відношення компонентів, концентрації триоксида сірки, рН готового продукту, температурі реагентів та холодоагентів.

Система управління побудована за ієрархічним принципом на базі промислового логічного контролера ОВЕН ПЛК-150, який окрім наявності стандартного протоколу має можливість використання модулів стандартів GSM/GPRS та CDMA. Застосування SCADA-технологій дає змогу вивести систему управління виробництвом поверхнево-активних речовин на сучасний рівень управління. Графічна підсистема автоматизованого робочого місця оператора має багатовіконний інтерфейс з можливістю відображення у вікнах сторінок процесу, трендів та іншої інформації.

Такі підходи до створення комп'ютерно-інтегрованої технології одержання поверхнево-активних речовин дають змогу збільшити якість ПАР які випускаються та підвищити енергоефективність процесу.

### **Література:**

1. Ельперін І.В., Пупена О.М., Сидлецький В.М., Швед С.М. Автоматизація виробничих процесів. Підручник. Київ: Вид. Ліра К. 2016. 378 с.

## **АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ СУЛЬФАТНОЇ КИСЛОТИ**

**Подустов М.О., Дзевочко О.М., Коваленко Р.О., Кондратенко Д.С.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В даний час в світі виробляється приблизно 200 млн. т сульфатної кислоти. Основним виробниками сульфатної кислоти є США, Китай, Індія, Марокко. Виробництво сульфатної кислоти в Україні базується на переробці трьох основних видів сировини: сірки, колчедану і газів, що відходять кольорової металургії. Останнім часом частка використання сірки значно зросла.

Основною технологічною схемою отримання сульфатної кислоти є схема, що працює за методом подвійного контактування і подвійний абсорбції (ДК-ДА). Застосування схеми ДК-ДА дозволяє підвищити концентрацію окисленого в контактних апаратах діоксиду сірки до 10 – 12 %. Це дає можливість підвищити продуктивність до 1300 – 1400 т сульфатної кислоти на добу.

Сучасні сульфатнокислотні системи, крім технологічного призначення - виробництва сульфатної кислоти, іконують не менш важливу роль - енергетичну.

Можна виділити три основні напрями вдосконалення сульфатнокислотних систем: підвищення енергоефективності, поліпшення екологічних показників, підвищення безпеки ведення технологічного процесу. Основною базою для вдосконалення виробництва є автоматизація технологічних процесів.

Сучасний етап розвитку автоматизованих систем характеризується впровадженням складних систем управління, які реалізуються за допомогою багаторівневих ієрархічних структур на основі комп'ютерних мереж. Функціональні структури складних систем управління включають ряд задач, розташованих на різних рівнях ієрархії: стабілізація технологічних режимів, автоматичне регулювання технологічних змінних, блокування, сигналізація, оптимізація технологічних режимів, координація функціонування підсистем. Основні задачі управління як правило розробляються на стадії проектування: синтез структури управління, вибір технічних засобів, вибір алгоритмічного, інформаційного, програмного і технічного забезпечення; декомпозиція об'єкта та задач управління, оцінка техніко-економічної ефективності.

У виробництві сульфатної кислоти основними контурами регулювання є: регулювання концентрації діоксиду сірки в газоповітряному потоці перед контактним апаратом, регулювання температури на кожному шарі каталізатора в контактному апараті, регулювання витрати рідкої сірки, регулювання температури і витрати кислоти на зрошення сушильного та моногідратного абсорберів.

Система управління побудована на базі промислового контролера VIPA System 300S, який знайшов широке використання у промисловості. Розроблена автоматизована система дозволяє зменшити викиди діоксиду сірки в навколишнє середовище.

## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАНЕСЕННЯ НІКЕЛЕВИХ ПОКРИТТІВ З АЦЕТАТНО-ХЛОРИДНИХ ЕЛЕКТРОЛІТІВ

Помазан А.С., Коневська В.В., Дерібо С.Г.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Електрохімічні покриття широко використовуються в сучасній гальванотехніці. Одним з найбільш розповсюджених захисно-декоративних покриттів є нікелеве, яке одночасно захищає вироби від корозії, має високу твердість, зносостійкість, відзеркалюючу здатність, а також виконує декоративну функцію.

Більшість існуючих електролітів отримання нікелевих покриттів працюють при підвищених температурах (до 45 – 55 °С). Це призводить до додаткових енергетичних витрат при осадженні покриттів.

Відомо, що катодний вихід за струмом нікелю менше 100 %, в результаті чого на катоді протікає процес відновлення водню і значення рН в прикатодному шарі збільшується. Це призводить до утворення на поверхні катода основних солей і гідроксидів нікелю, і неможливості отримання осадів нікелю. Буферною добавкою, яка найбільш часто використовується при нікелюванні і входить до складу багатьох кислих електролітів, є борна кислота. Експериментальне дослідження рН прикатодного шару в розчинах сульфату нікелю, що містять борну кислоту, підтвердили її низькі буферні властивості в кислих електролітах нікелювання.

Перевагою електролітів з ацетатними буферними добавками є можливість реалізації досить високих густин струму (3 – 4 А/дм<sup>2</sup>) при зниженій до 20 – 30 °С температурі, а також при зниженні в 2 і більше разів концентрації солей нікелю в порівнянні зі стандартним електролітом Уоттса.

Метою дослідження є визначення оптимальних режимів електролізу (температура, густина) та складу комплексного електроліту нікелювання для отримання якісного блискучого покриття нікелем.

Таким чином при використанні комплексного ацетатного електроліту нікелювання при кімнатній температурі (20 – 25 °С) зменшуються енергетичні затрати порівняно з традиційними процесами отримання осадів нікелю з сульфатного електроліту, оскільки відсутня необхідність підігріву розчину, корегування його внаслідок випаровування, а також контролю рівня і температури електроліту.

### Література:

1. Мамаєв В.И., Кудрявцев В.Н. Никелирование: учебное пособие под ред В.Н. Кудрявцева. – М.: РРХТУ им. Д.И. Менделеева, 2014. – 192 с.
2. Антихович И.В. Электроосаждение никелевых покрытий из ацетатных электролитов / А.А. Черник, И.М. Жарский // Труды БГТУ, Химия и технология неорганических веществ., 2011, – №. 3. – С. 20 – 24.

## **РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЫБРОСОВ ОТ МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ**

**Пономаренко А.В., Ладоненко М.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

На сегодняшний день удельные показатели образования отходов по Украине в среднем составляют 250 – 300 кг в год на одного человека, а в больших городах достигают 330 – 380 кг в год [1].

Научно-производственной фирмой «Технология» Северо-Восточного научного центра Национальной академии наук Украины созданы мобильные и стационарные мусороперерабатывающие установки (МПУ), способствующие устранению негативного влияния накопления твердых промышленных и потребительских отходов на среду обитания человека на сравнительно небольших территориальных объектах. Одна из таких мусороперерабатывающих установок эксплуатируется морским торговым портом «Октябрьск» г. Николаев и предназначена для сжигания отходов с производительностью 100 кг/ч [2].

Для термокаталитической конверсии образующихся в мусороперерабатывающей установке углеводородов использован каталитический преобразователь, представляющий собой профилированный отверстиями керамический носитель с нанесенными на его рабочую поверхность каталитически активными центрами на основе  $\text{Co}_3\text{O}_4$ . В процессе эксплуатации была доказана высокая эффективность внедренного каталитического преобразователя. Однако в ходе работы МПУ возможны прекращения функционирования отдельных рабочих зон блока вследствие различного рода причин.

Для упрощения замены поврежденных компонентов каталитического преобразователя в случае возникновения такой необходимости, было предложено использование в качестве носителя каталитически активных центров набор шамотных трубок вместо монолитного керамического блока. Авторами был проведен расчет по определению оптимальных параметров трубок и, следовательно, поверхностной концентрации  $\text{Co}_3\text{O}_4$ , необходимой для достижения максимальной степени конверсии углеводородов, образуемых в процессе термической обработки бытовых отходов.

### **Литература.**

1. WasteECo: ежегодная выставка и конференция по природоохранным технологиям и обращению с отходами 2012 / Особенности образования твердых бытовых отходов в Украине / Михайленко В.П., Алексеев И.Л., Денафас Г., Шмарин С.Л., Лучко И.А.
2. Пономаренко А.В. Создание каталитического блока очистки газовых выбросов мусороперерабатывающей установки производительностью 100 гк/ч / В.Е. Ведь, А.В. Пономаренко, Е.В. Краснокутский // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса: ОНАХТ. – 2014. – Вип. 45. – Т. 3. – С. 180-185.

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВТОРИННОГО РОЗКРИТТЯ ПРОДУКТИВНИХ ГОРИЗОНТІВ НАФТОВИХ ТА ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН**

**Пономаренко В.В., Римчук Д.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В роботі розглянуто та проаналізовано методи вторинного розкриття продуктивних горизонтів нафтових та газових свердловин, а саме: стріляюча (кумулятивна, кульова, торпедна); гідропіскоструминна (абразивна); механічна (свердлильна, щілинна і т. ін.).

Основне завдання вторинного розкриття – створення досконалого гідродинамічного зв'язку між свердловиною і продуктивним пластом, тобто без негативного впливу на колекторські властивості привибійної зони пласта, без значних деформацій обсадних колон і цементної оболонки.

Кумулятивна перфорація здійснюється стріляючими перфораторами, що мають заряди з конусною виїмкою, які дозволяють фокусувати вибухові потоки газів і направляти їх з великою швидкістю перпендикулярно до стінок свердловини. Кумулятивна перфорація в залежності від щільності та кількості зарядів, що одночасно підриваються, може викликати пошкодження як обсадної колони так і цементного кільця, що істотно збільшує ймовірність виникнення заколонних перетоків, та обводнення продукції. Дуже рідко застосовують торпедну перфорацію, за якої навпроти пласта підривають торпеди, що приводять до розтріскування обсадної колони, цементного каменю і породи. За механічної перфорації отвори утворюють за допомогою свердлильних пристроїв, а щілини – за допомогою спеціальних пристроїв з накатним диском. Але для її здійснення не виготовляються надійні технічні засоби.

Гідропіскоструминна перфорація (ГПП) основана на використанні кінетичної енергії високошвидкісних абразивних струменів рідини з піском, які утворюють канали значно більших розмірів, ніж при кумулятивному чи кульовому методі. ГПП характеризується найбільшою технологічною ефективністю і найвищою досконалістю свердловини за характером розкриття пласта порівняно з іншими видами перфорації. Переваги ГПП такі: можливість регулювати довжину і кут нахилу перфораційного отвору; цементне кільце не руйнується і зберігає свою міцність; краї утворених отворів в колоні рівні та гладкі; прилади, які використовуються при ГПП прості та надійні в роботі; їх можна використовувати в свердловинах практично любого діаметра; після ГПП можна проводити будь-які методи інтенсифікації не піднімаючи інструменту на поверхню; довжина перфораційних каналів значно більша ніж при інших видах перфорації і може досягати до 500-700 мм при площі фільтрації каналів більшій у 20 – 30 разів; при ГПП не ущільнюється порода в кінці перфораційного каналу.

### **Література:**

1. Освоєння, інтенсифікація та ремонт свердловин : [навч. посіб.] / П.О. Катеринчук, Д.В. Римчук, С.В. Цибулько, О.Л. Шудрик – Х. : Пром-Арт, 2018. – 608 с.

## УТВОРЕННЯ ЗОН АНОМАЛЬНО НИЗЬКИХ ПЛАСТОВИХ ТИСКІВ НА СОЛОХІВСЬКОМУ ГКР

Похилко А. М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Умови експлуатації покладів вуглеводнів є досить складними, що зумовлюється різноманітним стратиграфічним, формаційним та фазово-хімічним діапазоном нафтогазоносності. Дуже поширеними є зони зі зниженими початковими пластовими тисками. В природних резервуарах АНПТ мають місце у зонах диз'юнктивів, які досягають денної поверхні, четвертинних відкладів, або зон регіональних дислокацій, де відбувається виділення газу з нафтогазоводяних покладів з наступним розвантаженням енергії у результаті прориву з них флюїдів, або ж у випадку недостатньої потужності покришок для стримування пластової енергії. [1]

Крім геологічних зон з початковими аномально-низькими пластовими тисками проблемними з точки зору поглинань є значна кількість родовищ України, які знаходяться на завершальній стадії розробки. Для них є також характерним пластові тиски нижчі гідростатичних.

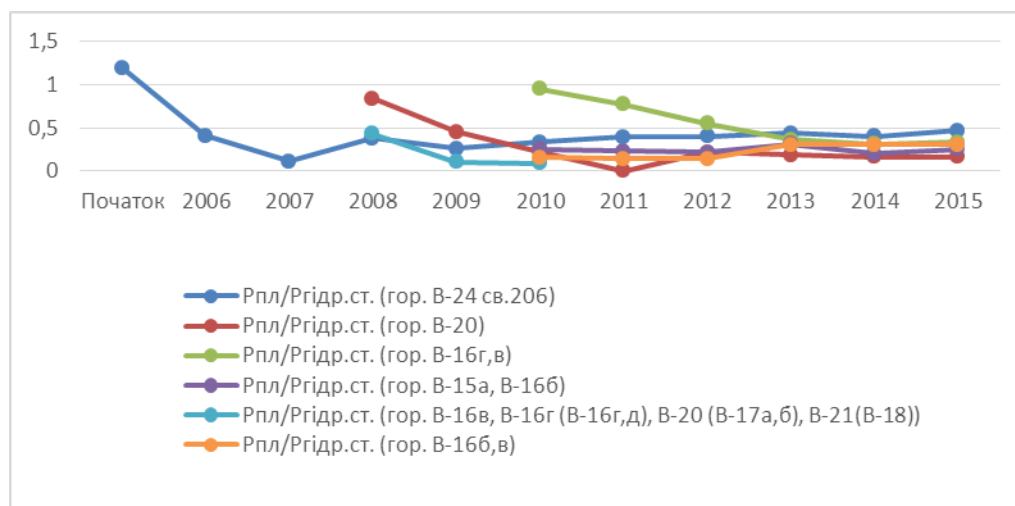


Рис. 1 – Падіння градієнта пластового тиску на Солохівському ГКР

Як бачимо з графіка, в усіх продуктивних горизонтах Солохівського ГКР спостерігається значне виснаження пластової енергії з відповідним падінням градієнта пластового тиску нижче 0,6 вже у 2015 році. Найпершим на родовищі з максимальним градієнтом пластового тиску 1,2 був введений в експлуатацію горизонт В24, мінімальне значення градієнта зафіксовано у 2007 році протягом наступних 8 років спостерігається незначне зростання пластового тиску (у 2015 році  $R_{пл}/R_{гид} = 0,55$ ). При цьому на 2015 рік це є максимальне значення градієнта пластового тиску, оскільки для інших горизонтів їх значення варіюють від 0,18 (горизонт В-20) до 0,36 (горизонт В-16 г,в).

### Література:

1. Орлов О.О. Наукова школа «Геодинамічна концепція походження аномальних пластових тисків в осадовій оболонці земної кори та методи її прогнозування». – К.: Видавничий дім ЕКМО, 2007. – 213 с.

## ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ

Пріщенко О.П., Черногор Т.Т.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Подовжена розробка різновидів проблемних питань математичного моделювання для об'єктів комплексних проектів та виробництв зі студентами за обраними напрямками [1, 2] їх розвитку. Це, наприклад, визначення коефіцієнтів регресії (статистичний метод дослідження впливу однієї або декількох незалежних змінних – регресори на залежну змінну – критеріальну), які можна знайти за допомогою програми **Excel**. Порядок дій для обчислення обох коефіцієнтів регресії однаковий. Невелика відмінність полягає в тому, що в діалозі **Майстер функцій** в категорії **Статистичні** для знаходження лінійного коефіцієнта  $b_1$  вибираємо функцію **НАКЛОН**, а для вільного члена рівняння  $b_0$  – **ОТРЕЗОК**. На екрані з'являться відповідно діалоги **Аргумент функцій – НАКЛОН** і **Аргумент функцій – ОТРЕЗОК**. У відповідні поля вводимо з робочого листа діапазон значень  $y$  і  $x$ .

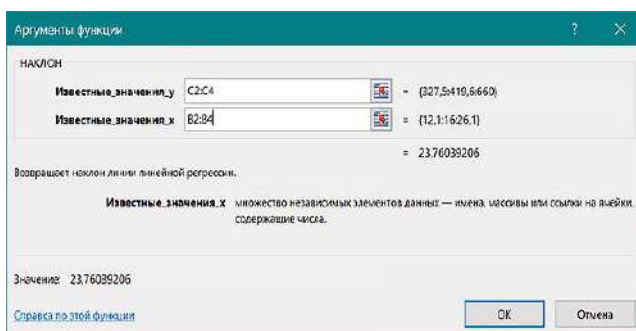


Рис. 1. – Діалог «Аргумент функцій» – НАКЛОН

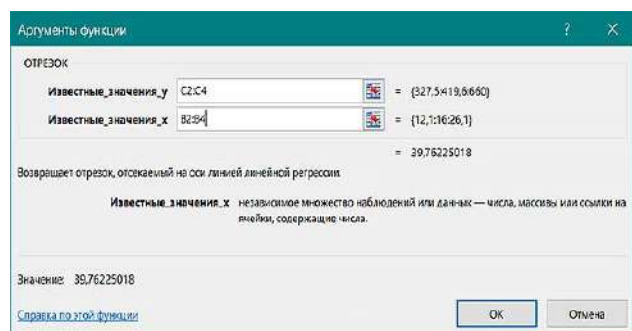


Рис. 2. – Діалог «Аргумент функцій» – ОТРЕЗОК

У діалозі **Аргумент функцій** з'явиться значення визначеного коефіцієнта, яке після натискання кнопки **ОК** переноситься в задану комірку робочого аркуша. Програма **Excel** видає більш точні значення коефіцієнтів регресії, ніж розраховані вручну. Слід відмітити, що програма Microsoft Office Excel 2016 дозволяє одночасно провести дисперсійний, кореляційний и регресійний аналіз з оцінкою значущості коефіцієнтів отриманого рівняння регресії.

**Література:**

1. S. Bukhkalov, Yu. Byalskiy, O. Aheicheva, Zh. Derkunska. Distance Education Possibilities Analysis for Integrated Innovative Projects. International Journal of Engineering & Technology, 7 (4.8) (2018) 459–465.
2. S. Bukhkalov, I. Denysovets, Natalia Galagan, H. Dumenko. Intellectual Property as Complex Innovation Projects Component. International Journal of Engineering & Technology, 7 (4.8) (2018) 596–602.
3. Бухкало С.І. Синергетичні моделі для екологічнобезпечних процесів ідентифікації-класифікації вторинних полімерів. 2018. – Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». № 18(1294). – С. 36–44.



## ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ КОРЕЛЯЦІЙНОГО АНАЛІЗУ

Пріщенко О.П., Черногор Т.Т., Бухкало С.І.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Подовжена розробка проблемних питань для об'єктів комплексних проектів зі студентами за обраними напрямками [1 – 3] математичного моделювання. Коефіцієнт кореляції між двома множинами даних дозволяє знайти програма **Excel**. Введемо вихідні дані на робочому аркуші і за допомогою майстра функцій в категорії Статистичні обираємо функцію **КОРРЕЛ**. На екрані з'явиться діалог **Аргумент функцій** (рис. 1). У вікно **Массив1** вводимо безліч значень  $x$ , а в вікно **Массив2** безліч  $y$ . Натисканням кнопки **ОК** закриваємо діалог і в заданій комірці робочого аркуша отримуємо величину коефіцієнта кореляції.

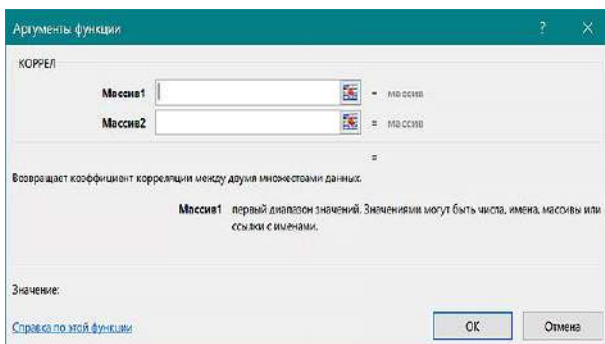


Рис. 1. – Діалог «Аргумент функцій»–КОРРЕЛ

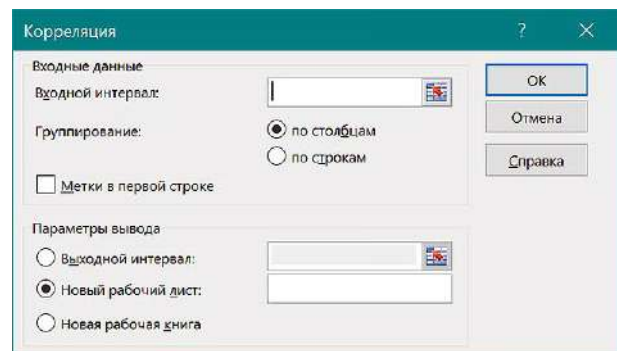


Рис. 2. – Діалог «Кореляція»

Для кількості масивів даних більше двох необхідно використовувати пакет **Аналіз даних**. На робочому аркуші програми **Excel** введемо дані множин, розбиті по стовпцях. У списку **Інструменти аналізу** діалогу **Аналіз даних** вибираємо рядок **Кореляція**. На екрані з'явиться діалог **Кореляція** (рис. 2). Виділяємо діапазон даних, що підлягають кореляційному аналізу.

В полі **Вхідний інтервал** з'явиться вказаний діапазон. Якщо вибраний діапазон включає назви стовпців, то встановлюємо прапорець **Мітки в першому рядку**. Кнопкою **ОК** закриваємо діалог **Кореляція** і на новому робочому аркуші отримуємо значення коефіцієнтів кореляції між множинами даних.

Для отриманих залежностей можливо розрахувати індекс кореляції ( $R$ ), який є мірою зв'язку між змінними, за наступною формулою:

$$R = \sqrt{1 - \left[ \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \right]}, \text{ де } y_i - \text{змінні; } y_i - \text{значення змінних, розрахованих за рівнянням регресії; } \bar{y} - \text{середнє значення змінних.}$$
**Література:**

1. Бухкало С.І., Іглін С.П., Главчева Ю.М., Мірошніченко Н.М. Можливості визначення компонентів складових комплексних проектів. 2018. – Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». № 40 (1316). – С. 46–52.
2. Бухкало С.І. Синергетичні моделі для екологічнобезпечних процесів ідентифікації-класифікації вторинних полімерів. 2018. – Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». № 18(1294). – С. 36–44.
3. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Іглін С.П., Зіпунніков М.М. Можливості розвитку комплексних екологічнобезпечних проектів утилізації-модифікації. 2018. – Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». № 18 (1294). – С. 3–9.



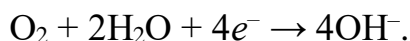
## КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ ПОКРИТТІВ СПЛАВАМИ Fe–Co В НЕЙТРАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Проскуріна В.О., Ведь М.В., Ненастіна Т.О.,  
Овчаренко О.О., Степанова І.І.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Однією з найважливіших функціональних властивостей електролітичних сплавів є їх корозійна стійкість. Корозійну стійкість покриття сплавами Fe-Co тестували при експозиції в аерованих водних розчинах Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> концентрацією 1 моль/дм<sup>3</sup> при додаванні 0,05 моль/дм<sup>3</sup> NaCl (рН 6,8). Для зіставлення результатів вивчали корозійну поведінку сталі Ст.3 в аналогічних середовищах.

Особливістю досліджуваних систем є залежність корозійної стійкості такого типу сплавів у нейтральних і лужних середовищах від вмісту кобальту. При температурах, які не перевищують 30 °С, корозія сплавів заліза з кобальтом у нейтральних середовищах протікає лише з кисневої деполаризацією за реакцією відновлення кисню:



Аналіз результатів імпедансної спектроскопії показує, що годографи імпедансу електродів сталі марки Ст.3 у початковий момент експозиції у нейтральному хлоридвмісному середовищі мають форму напівкіл зі зміщенням центру щодо уявної осі (залежність 1, рис.). Такий характер  $X_s$ – $R_s$  залежностей і низькі величини поляризаційного опору, які визначаються як відрізок, що відсікається на осі  $R_s$  при екстраполяції в області високих і низьких частот, свідчать про те, що утворені оксидні плівки на поверхні металу не викликають суттєвого гальмування корозійних процесів. Збільшення вмісту кобальту в електролітичних сплавах призводить до зростання поляризаційного опору  $R_p$  (залежності 2– 4, рис.1), тобто знижується швидкість корозії, що обумовлено схильністю кобальту до переходу в пасивний стан.

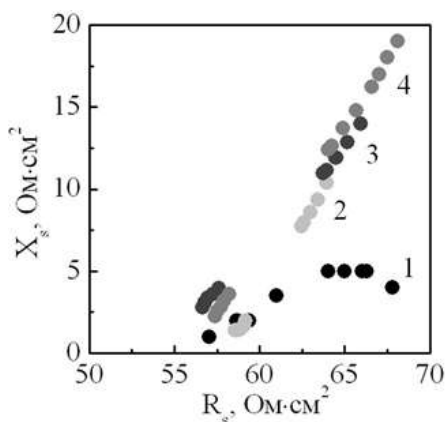


Рис.1 – Годографи імпедансу зразків:  
1 – сталь марки Ст. 3; 2 – сплав Fe80Co20;  
3 – сплав Fe60Co40; 4 – сплав Fe50Co50  
у розчині: 1 моль/дм<sup>3</sup> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,05 моль/дм<sup>3</sup> NaCl після  
24 годин випробувань

Імпеданс Варбурга свідчить про наявність дифузійних ускладнень загального корозійного процесу, пов'язаних із сповільненою доставкою деполаризатора через більш досконалу плівку змішаних оксидів кобальту і заліза.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОТРИМАННЯ НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНИХ ПЕПТИДІВ – АНАЛОГІВ ІНФЕКЦІЙНИХ ЕПІТОПІВ

Разбегіна О.В., Клімова О.М., Огурцов О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

На сьогоднішній день перспективами є технології отримання низькомолекулярних пептидів і використання їх в якості профілактичних препаратів зі стимулюючою активністю для підтримки і зміцнення імунітету та запобігання виникненню різного роду захворювань.

Метою роботи було дослідження способу одержання низькомолекулярних пептидів.

Імунні системи ссавців продукують малі білки, які є частиною вторинної імунної відповіді на інфекційні патогени. Вони відомі як трансфер-фактори або ж фактори перенесення – це низькомолекулярні поліпептиди, які передають імунну пам'ять та є аналогами інфекційних епітопів.

Фактор перенесення, що додається або в *in vitro*, або *in vivo* в системи імунних клітин ссавців, покращує або нормалізує реакцію імунної системи реципієнта ссавців, що він викликає як специфічну, так і неспецифічну активацію клітинного імунітету. При введенні фактора переносу можна передати інтактному реципієнту опосередкований клітинами імунітет до відповідного антигену.

Зазвичай трансфер-фактор отримують з молозива корів. Вони виробляють велику кількість молозива і, велику кількість трансфер-фактора, але лише протягом одного або півтора днів щороку.

Так само існує спосіб отримання трансфер-фактору з курячих яєць який було розглянуто детальніше. Його можна отримувати постійно, але у меншій кількості [1].

Трансфер-фактор отримують шляхом введення курям патогенів, які викликають кишкові інфекційні захворювання у ссавців [2], а потім шляхом ін'єкції яєць з можливістю викликати вторинну гіперчутливість уповільненого типу та з подальшою фільтрацією та фільтруванням жовтків. Таким методом отримують розчин без вмісту антитіл, що містять трансфер-фактори, що стимулюють фагоцитоз та бласттрансформацію, підсилюють бактерицидну активність лейкоцитів крові людини та є імунопротекторами.

### Література:

1. Разбегіна О. В. Отримання низькомолекулярних пептидів – аналогів інфекційних епітопів: дипл. робота / О. В. Разбегіна. – Харків, 2018. – 71 с.
2. Патент 20030031686A1 США, Methods for obtaining transfer factor from eggs, compositions including egg-derived transfer factor, and methods of use / William Hennen, David Lisonbee; заявник 4Life Research LLC. – опубл. 21.09.2000.

## НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА ПОСТРОЕНИЯ ГРАФИКА ОТСЛЕЖИВАНИЯ МНОГОФАКТОРНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Рассоха А.Н., Сендеров А.А.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

При попытке контролировать сложный технологический процесс часто приходится отслеживать несколько технологических параметров, которые в совокупности определяют качество выходного продукта. Примером может служить технологический процесс приготовления цементно-сырьевой смеси, качество которой на выходе определяется колебанием следующих параметров: коэффициент насыщения ( $KH = 0,92 \pm 0,02$ ), силикатный модуль ( $n = 2,3 \pm 0,1$ ) и глинозёмный модуль ( $p = 1,3 \pm 0,1$ ). Поэтому целью работы является создание компьютерной программы, позволяющей параллельно отслеживать графики колебаний нескольких взаимосвязанных параметров. Данная программа является частью интегрированного курсового проекта технологии приготoвлению цементно-сырьевых смесей [1]. Ниже приведен пример расчёта

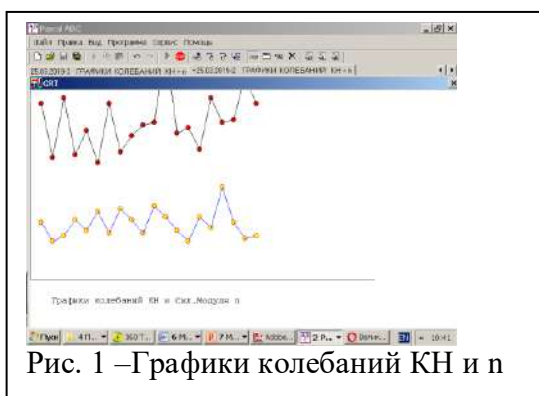


Рис. 1 –Графики колебаний КН и n

по этой программе. В отличие от известной программы EXCEL, наша программа позволяет контролировать технологический процесс и оперативно строить графики колебаний контролируемых показателей. Далее, на следующем этапе, необходимо провести статистический анализ исследуемого процесса на основе полученных числовых рядов и их графиков. Для этого нами разработана программа

статистического анализа на Делфи, интерфейс которой представлен на следующем рисунке (рис.2).

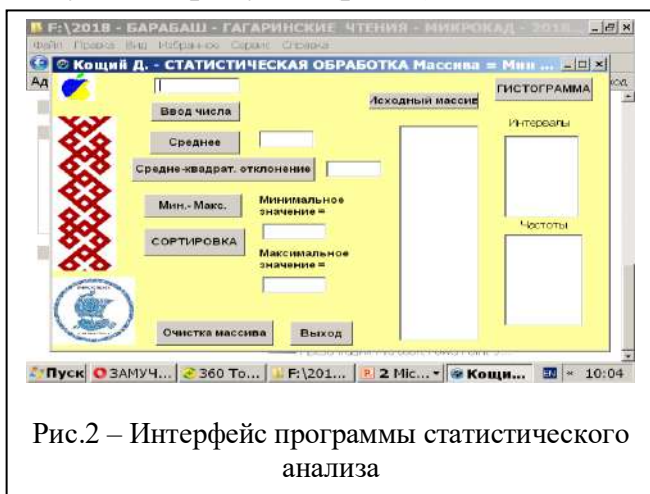


Рис.2 – Интерфейс программы статистического анализа

### Литература:

1. Рассоха А.Н., Сендеров А.А., Разработка интегрированного курсового проекта технологии приготoвлению цементно-сырьевых смесей. В сб. тезисов докладов XXV международной научно-практической конференции Микрокад-2017, часть III, Изд-во НТУ «ХПИ», 2017 г., с.74.

## **РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ СИСТЕМ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ПОЛІМЕРНИХ ТУБ**

**Рассоха О.М., Черкашина Г.М., Крейдун П.С.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

При розробці раціональної композиційної системи та вибору оптимального типу полімерів (кополімерів) при виготовленні полімерних туб для різних галузей використання (наприклад, для парфумерних виробів) велике значення має газопроникність через стінку туби (переважно, кисню) та стійкість до міграції низькомолекулярних і олігомерних інгредієнтів, що містяться у товарній продукції. В рамках даної роботи вибрані відповідні полімерні матеріали із оптимальними параметрами (молекулярна маса, молекулярно-масовий розподіл, деформаційно-міцнісні характеристики, показник плинності розтопу тощо) та запропоновані варіанти багат шарових полімерних туб з надзвичайно низьким рівнем газопроникності через стінку виробу (на декілька порядків – по кисню - менше у порівнянні з одношаровими тубами із поліетиленів та поліпропілену). Основним елементом для виготовлення циліндра туби є лінійний поліетилен низької густини із спеціально обраним бі- та тримодальним молекулярно-масовими розподілами, який характеризується невисоким модулем пружності, що значно покращує експлуатаційні параметри полімерних туб.

В роботі наведені експериментальні дані про два варіанти розроблених багат шарових композиційних систем для полімерних туб, що містять 5 – 7 прошарків високомолекулярних сполук різної хімічної природи. Внутрішній та зовнішній прошарки стінки полімерної туби виготовлені із лінійного поліетилену низької густини або суміші цього виду поліетилену із поліетиленом високої густини (у чітко обмежених співвідношеннях), якщо виникає експлуатаційна потреба у підвищенні деформаційно-міцнісних властивостях товарного виробу. Центральним прошарком – бар'єрним- композиційної полімерної системи в роботі запропоновано використання кополімеру етилену із фрагментами гідроксилвмісного мономеру із чітко регламентованим діапазоном концентрацій полярних функціональних груп.

Для суттєвого підвищення експлуатаційної робото здатності багат шарової композиційної системи (стінки туби) центральний прошарок «з'єднують» із внутрішнім і зовнішнім прошарками спеціальними адгезивами (при оптимальних технологічних параметрах – температурі, тиску, часу) на основі функціонально модифікованого поліетилену, що містить полярні реакційно здатні функціональні групи (карбоксильні, ангідридні тощо) при фіксованому концентраційному діапазоні кисневмісних груп. Наведений вище варіант стінки циліндра полімерної туби (перший варіант) складається з п'яти прошарків і характеризується надзвичайно низьким рівнем масопереносу (газової і конденсованої фаз). Також запропонований другий варіант стінки циліндра туби, що має сім прошарків – два «додаткових» розташовані між внутрішнім, зовнішнім прошарками та двома адгезійними прошарками і виконані із спеціальних функціонально модифікованих марок поліолефінів.

## **ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕПЛООБМІНУ В АПАРАТАХ ВИРОБНИЦТВА КАЛЬЦИНОВАНОЇ СОДИ**

**Рахманіан М.А., Юзбашьян А.П.\***

*Державна установа «НІОХІМ»,  
\* Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Процес амонізації розсолу у виробництві кальцинованої соди протікає зі значним виділенням тепла, і тому проблема інтенсифікації теплообміну займає одну з головних завдань. Досягнення поставленої мети неможливо без аналізу способів і апаратів для проведення ефективного теплообміну при абсорбції аміаку.

Проаналізувавши схеми охолодження газових і рідинних потоків на стадії абсорбції аміаку був зроблений висновок про те, що найбільш перспективним охолодженням в процесі амонізації є охолодження розсолу в виносних холодильниках і одночасне охолодження газу та рідини в зоні контакту фаз.

При порівнянні техніко-економічних показників при однаковому тепловому навантаженні та однакових температурах на виході для 6 видів теплообмінних апаратів з'ясувалося, що найбільш раціональним типом теплообмінних апаратів є спіральні.

Новим напрямком, в якості матеріалів, використовуваних в теплообмінних апаратах, є використання пластмасових матеріалів (фторопласт). Їх застосування дозволяє економити промислово важливі матеріали і сталі, а в деяких випадках виключає проблему захисту від корозії, що дозволяє значно продовжити термін служби апаратів в порівнянні зі сталевими.

Фторопластовий теплообмінник не впливає на хімічні процеси, зберігається кінетика, робочі поверхні не покриваються відкладеннями і залишаються чистими, завдяки чому процес ведеться з постійною величиною теплообміну.

Перевагою охолодження газу і рідини в зоні контакту фаз є можливість збільшення ефективності абсорбції за рахунок зменшення рівноважного тиску аміаку над розсолом.

Для одночасного процесу тепло- і масообміну необхідно створення розвиненої поверхні контакту фаз, в тому числі і за рахунок підвищення швидкості взаємодіючих потоків, що в свою чергу може бути забезпечено шляхом організації прямооточного руху фаз на контактних пристроях при збереженні їх загального протипотоку по висоті апарату.

## ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ЗОЛОСФЕР У ВИРОБНИЦТВІ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Регеда Н. М., Федоренко О. Ю., Богданова К. Б., Лісних Н.Ф., Кіресєв А.Г.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Інтенсивний розвиток процесів обробки абразивним інструментом призвів до значного підвищення швидкості та якості шліфування завдяки заміні традиційних шліфувальних кругів суперабразивними кругами з використанням як абразивних зерен мікрокристалічних надтвердих матеріалів, зокрема синтетичних алмазів або кубічного нітриду бору (CBN).

В роботі розглянуто питання створення алмазно-абразивного інструменту (ААІ) на керамічних зв'язках з використанням як вторинного абразиву золосфер, що утворюються під час горіння твердого палива на ТЕС.

При розробці ААІ використовували синтетичні алмазні зерна марка АС6 (160/120 мкм). Враховуючи це, при виборі зв'язки виходили з необхідності збереження цілісності алмазних зерен на етапі виготовлення ААІ та реалізації їх раціонального самозагострення при шліфуванні. На основі композиції системи  $\text{B}_2\text{O}_3$  –  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  –  $\text{PbO}$ , модифікованої  $\text{CuO}$ , розроблена легкоплавка вітрифікована зв'язка, що забезпечує спікання композиту при температурі 550 °С і виключає передчасне руйнування алмазних зерен. Розроблена зв'язка з одного боку має необхідну адгезійну міцність по відношенню до зерен абразивів, що обумовлює їх утримання в зв'язці, а з іншого – характеризується заданим комплексом механічних і теплофізичних властивостей (модуль пружності  $E = 220$  ГПа, ТКЛР  $\alpha = 11,3 \cdot 10^{-6}$  К<sup>-1</sup>, теплопровідність  $\lambda = 1,5$  Вт/м·К), завдяки чому відбувається самозагострювання зерен, що втратили ріжучу здатність під час шліфування. Додатковою перевагою вітрифікованої зв'язки є можливість отримувати інструмент із заданою пористістю (20 – 40) %, що виключає засалювання робочої поверхні.

Як вторинний абразив використовували вилучені з золошлакової суміші Криворізької ТЕС алюмосилікатні мікросфери, для яких визначено їх хімічний склад та властивості: насипна густина – 0,4 г/см<sup>3</sup>; питома густина  $\rho = 0,7$  г/см<sup>3</sup>; переважний розмір 150 – 300 мкм, міцність на всебічне стиснення 7,5 МПа. Вторинний абразив виконує додаткову роль наповнювача, який має сприяти захисту зерен від динамічної дії стружки (що зазвичай має більш високу температуру), підвищенню міцності, термічної та зносостійкості композиту.

Зразки алмазовмісних керамоматричних композитів виготовляли методом вільного спікання силітової печі за температури 550 °С з витримкою 15 хв, після чого визначали їх властивості:  $\rho_{\text{уяв}} = 2,37$  %;  $W = 14,33$  %;  $P_{\text{відкр}} = 33,94$  %.

Дослідженнями мікроструктури отриманих матеріалів встановлено, що скломатриця, яка містить ізольовані і сполучені пори розміром від 5 мкм до 50 мкм, щільно огортає абразивні зерна (алмази і золосфери) та забезпечує їх міцне утримання в зв'язці. Оболонки золосфер товщиною 60 – 70 мкм мають сліди розкльовування, що свідчить про їх зміцнення шляхом кристалізації фаз з підвищеною твердістю, зокрема герценіту.

## **БІОТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

**Рогозинський М.С., Горбовану Т.А., Самойленко С.І.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Висока концентрація забруднень стічних вод підприємств молочної промисловості, що становить 1500 – 3000 мг/дм<sup>3</sup> з хімічним споживанням кисню, зумовила необхідність розробки та застосування комплексної анаеробно-аеробної технології очищення [1].

Актуальність впровадження біотехнологічних процесів в технологію очищення стічних вод збіглася з розвитком енергетичної кризи, тобто з необхідністю пошуку нових, нетрадиційних джерел енергії. В даному разі метанове бродіння має велике значення в промисловості не тільки і навіть не стільки в технології очищення стічних вод, скільки як дешевого і перспективного джерела енергії – біогазу, що містить значну кількість метану [1].

Високий вихід біогазу зумовлений наявністю в стічній воді до 5 г/дм<sup>3</sup> лактози, молочної кислоти та інших речовин. Сумарна кількість біогазу за період бродіння досягає 5 дм<sup>3</sup> з розрахунку на 1 дм<sup>3</sup> зброджуваних стічних вод, що становить майже 80 % чистого метану [2].

На основі проведеного літературного пошуку проаналізовано два варіанти технологічної схеми переробки стічної води і сироватки. Перший варіант передбачає спільне метанове бродіння стічної води і сироватки з наступним аеробним доочищенням. Другий варіант – роздільне метанове бродіння стічної води і сироватки з наступним аеробним доочищенням суміші. Кінцеве хімічне споживання кисню очищеної води становить 24 мг/дм<sup>3</sup>, що припустимо для скидання у водоймище [2].

Шляхом розрахунку теплового балансу встановлено, що 35 % отриманого біогазу забезпечує обігрів метантенків [2].

Впровадження будь-якого варіанту технології дасть змогу підприємству з переробки молока щодоби одержувати значну кількість біогазу.

### **Література:**

1. Горбовану Т.А. Біотехнологія виробництва біогазу з відходів молочних заводів : дипл. проект / Т.А. Горбовану. – Харків, 2018. – 108 с.
2. Лукашевич Є.А. Комплексна технологія утилізації стоків молочного виробництва / Є.А. Лукашевич, Г.А. Нікітін // Харчова і переробна промисловість. – 2002 – №2. – С. 24–25.

## МОЖЛИВОСТІ КОМПЛЕКСНОГО ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНОВИДІВ ВОСКУ ДЛЯ КОСМЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ

Руднева Л.Л., Бухкало С.І.\*

*Український державний хіміко-технологічний університет, м. Дніпро*  
*\*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Отриманий з соняшникового лушпиння віск за розробленими нами методиками можна використовувати в декоративній косметичці, наприклад, в бальзамі для губ замість традиційного бджолиного. Для виготовлення зразків бальзаму для губ було обрано рецептуру, за якою співвідношення компонентів наступне, %: віск – 20 – 40; тверді олії – 40 – 60; рідкі олії – 15 – 30. В даній роботі було виготовлено бальзами для губ із вмістом воску (як соняшникового, так і бджолиного) 20, 30 та 40 %. В кожній рецептурі збережено співвідношення між твердими та рідкими оліями, з метою визначення впливу саме кількості воску та його виду (табл. 1).

Таблиця 1. – Рецептура зразків бальзамів для губ

Компонент	Вміст компонентів, %		
	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №3
Віск (соняшниковий або бджолиний)	20	30	40
Олія кокоса	45	39,37	33,75
Олія каротинова	35	30,63	26,25
Співвідношення олій (кокосова/каротинова)	1,29	1,29	1,29

Отримані зразки бальзамів наносяться на губи рівномірно, без комкування. Було визначено кислотність (КЧ, мг КОН/г) вихідних восків та зразків бальзаму для губ. (табл. 2). Згідно з НТД 31649-2012 кислотність бальзамів для губ не повинна перевищувати 15 мг КОН/г.

Таблиця 2. Кислотність восків та зразків бальзамів для губ

Зразок	КЧ	Зразок	КЧ
Віск соняшниковий	4,75	Віск бджолиний	25,5
Бальзам для губ з вмістом воску:		Бальзам для губ з вмістом воску:	
– 20% воску	5,04	– 20 % воску	8,06
– 30% воску	4,56	– 30 % воску	11,52
– 40% воску	3,83	– 40 % воску	13,75

Всі зразки відповідають нормі за кислотністю: зі збільшенням вмісту соняшникового воску кислотність зменшується, а при використанні бджолиного воску – збільшується.

### Література:

1. S. Bukhkalov, I. Denysovets, Natalia Galagan, H. Dumenko. Intellectual Property as Complex Innovation Projects Component. International Journal of Engineering & Technology, 7 (4.8) (2018) 596–602.
2. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тестові). – К.: «Центр учбової літератури», 2018. – 108 с.
3. Руднева Л.Л., Бухкало С.І. Расширение возможностей комплексной переработки растительного сырья. Оралдын гылым жаршысы. – Уральск: «Фирма Сервер+», 2015. – № 5 (136). С. 33–39.



**ДЕЯКІ ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХЛІБА****Руднева Л.Л., Бухкало С.І.\*, Гринько Н.В.***Український державний хіміко-технологічний університет, м. Дніпро**\*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Раціон харчування характеризується надмірним споживанням жирів тваринного походження, легко засвоюваних вуглеводів, і в той же час для більшості населення суттєво дефіцитний щодо поліненасичених жирних кислот, харчових волокон, макро- і мікроелементів. Дефіцит цих харчових речовин і біологічно активних компонентів в раціоні призводить до зниження резистентності організму до несприятливих факторів навколишнього середовища, порушення функції систем антиоксидантного захисту, підвищення ризику розвитку поширених захворювань та ін. Використання лляної олії в харчовій галузях у зв'язано з її унікальними властивостями, зумовленими високим сумарним вмістом поліненасичених жирних кислот: альфа-ліноленової і лінолевої – незамінних жирних кислот в раціоні харчування. Досліджено вплив відходів олійного виробництва лляного жмиху сумісно з соняшниковим воском, виділеного з соняшникового лушпиння на функціональні властивості продуктів багатоцільового призначення. Проведено пробну лабораторну випічку багету з різним вмістом лляного жмиху (ЛЖ) за однакових умов та проаналізовано отримані зразки хліба. В таблиці 1 наведена розрахункова харчова цінність зразків хліба за умови, що харчова цінність компонентів на 100 г наступна: борошно пшеничне в/с – білків 10,3 г, жирів 1,1 г, вуглеводів 70,0 г; ЛЖ – білків 25,5 г, жирів 10,0 г, вуглеводів 12,0 г; сіль та вода – білків 0 г, жирів 0 г, вуглеводів 0 г; дріжджі – білків 12,7 г, жирів 2,7 г, вуглеводів 8,5 г; цукор – білків 0 г, жирів 0 г, вуглеводів 99,9 г; олія – білків 0 г, жирів 99,9 г, вуглеводів 0 г.

Таблиця 1. –Розрахункова харчова цінність зразків хліба з ЛЖ (%)

Компоненти	Контроль	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	10 %	15 %
Білки	7,01	7,08	7,14	7,18	7,16	7,11	7,52	7,81
Жири	1,52	1,58	1,63	1,67	1,70	1,72	1,98	2,21
Вуглеводи	47,36	46,80	46,15	45,34	44,22	43,12	40,80	38,23

Зі збільшенням вмісту ЛЖ дещо збільшується вміст білку, зменшується вміст вуглеводів, збільшується вміст жирів та кількість ненасичених жирних кислот. Можна рекомендувати у рецептурі з 10 % вмістом ЛЖ зменшити витрати рослинної олії. Всі зразки хліба відповідають нормам, але: зі збільшенням вмісту ЛЖ необхідно збільшувати час вистоювання тіста; при введенні ЛЖ в кількостях не більше 5 % від маси пшеничного борошна отримується хліб, який відповідає нормам і не потребує змін технологічних параметрів без добавки.

**Література:**

1. S. Bukhkalov, Yu. Byalskiy, O. Aheicheva, Zh. Derkunska. Distance Education Possibilities Analysis for Integrated Innovative Projects. International Journal of Engineering & Technology, 7 (4.8) (2018) 459–465.
2. S. Bukhkalov, I. Denysovets, Natalia Galagan, H. Dumenko. Intellectual Property as Complex Innovation Projects Component. International Journal of Engineering & Technology, 7 (4.8) (2018) 596–602.

## **ПОВЫШЕНИЕ МАНЕВРЕННОСТИ ПАРОТУРБИННЫХ ЭНЕРГООБЛОКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОРОДНЫХ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЕЙ**

**Русанов А.В., Соловей В.В., Зипунников Н.Н.**

***Институт проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України,  
м. Харків***

Важнейшая особенность водорода как топлива для энергетики состоит в том, что продуктом его сгорания в кислороде является перегретый водяной пар, являющийся рабочим телом в современных паротурбинных установках. Разработанные в ИПМаш НАНУ высокоэффективные электролизные установки высокого давления обеспечивают аккумуляцию энергии в виде водорода и кислорода, вырабатываемых при избытке электроэнергии в электросистеме с последующим их использованием в период дефицита мощности. Основными преимуществами разработанных образцов электролизной техники является ее высокая энергетическая эффективность. Для получения одного 1 м<sup>3</sup> водорода и 0,5 м<sup>3</sup> кислорода потребляется 3,9 – 4,0 кВт.ч, что на 20 – 25 % ниже, чем у имеющихся аналогов. Кроме того, газы генерируются при высоком давлении (до 50.0 МПа), что открывает широкие перспективы их использования в безкомпрессорных системах аккумуляции водорода [1 – 2].

Энергетический эффект от использования водорода и кислорода достигается в результате того, что подводимая в водородном парогенераторе теплота используется в паротурбинном цикле при более высоких температурах (~700 °С), что повышает КПД энергетической установки и обеспечивает увеличение вырабатываемой мощности для покрытия неравномерной нагрузки (прежде всего, пиковой).

Применение современных жаростойких материалов позволяет поднять начальную температуру до 850 – 900°С, а также реализовать процесс расширения пара в дополнительной турбине максимально приближенным к изотермическому, путем вдува водород-кислородной смеси непосредственно в проточную часть турбины.

КПД энергоблока составит 45 – 47%, что приближается к показателям современных энергоблоков, проектируемых для работы при сверхкритических параметрах пара. Расчетные данные показывают, что при осуществлении паротурбинного цикла с водородным перегревом пара термодинамическая эффективность использования энергии водородного топлива может быть в 1,5 – 2 раза выше, чем КПД использования природного газа в газотурбинных установках, а коэффициент рекуперации электроэнергии может достигать до 70 – 75%.

Технико-экономическая оценка предлагаемого технического решения показывает, что стоимость 1 кВт установленной пиковой мощности составит не более 500 долларов США, что в 2 раза ниже аналогичного показателя для ГАЭС.

### **Література:**

1. V.V. Solovey. Hydrogen technology of energy storage making use of wind power potential / V.V. Solovey, L. Kozak, A. Shevchenko, M. Zipunnikov, R. Campbell, F. Seamon / Проблеми машиностроєння. – Харків, 2017. Т.20 – № 1. – С. 62 – 68.

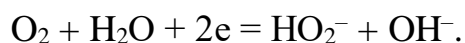
2. V. Solovey. Improvement of the Membrane - less Electrolysis Technology for Hydrogen and Oxygen Generation / V. Solovey, Nguyen Tien Khiem, M. Zipunnikov, A. Shevchenko // French-Ukrainian Journal of Chemistry, 2018. Vol. 6. – № 2. – P. 73 – 79.

## ВПЛИВ МАТЕРІАЛУ АКТИВАТОРА ГАЗОДИFUЗІЙНОГО КАТОДУ НА ДЕПОЛЯРИЗАЦІЮ КАТОДНОГО ПРОЦЕСУ

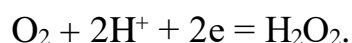
Рутковська К.С., Тульський Г.Г., Белокуров Д.С.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Електрохімічне відновлення молекулярного кисню може протікати за наступними паралельно-послідовними механізмами: через проміжне утворення пероксиду водню та безпосередньо до утворення води. Аналіз стаціонарного потенціалу, який встановлюється на електродних матеріалах при деполаризації катодного процесу киснем, дозволяє оцінити термодинамічну можливість різних механізмів. У ряді робіт було показано, що в лужних електролітах на електродах з активованого вугілля, сажі, графіту і пірографіту встановлюється рівновага для реакції:



У кислих розчинах встановлюється рівновага для реакції:



Наведені реакції свідчать про те, що електрохімічне відновлення молекулярного кисню протікає через проміжне утворення пероксиду водню. Другою стадією є розкладання пероксиду водню.

Поляризаційні криві на пірографітовому електроді в лужному середовищі мають добре виражені площі граничного струму, відповідні приєднання двох і чотирьох електронів. Використання методу дискового електрода з кільцем дозволило встановити, що в області першої хвилі молекулярний кисень відновлюється без розриву О-О-зв'язку до пероксиду водню, який є стабільним продуктом реакції в широкому інтервалі потенціалів. В області потенціалів другої хвилі починається відновлення пероксиду водню. Таким чином, процес електрохімічного відновлення молекулярного кисню протікає тільки через проміжне утворення пероксиду водню.

На пористому вуглєці, активованому оксидами металів, вдається реалізувати чисто кінетичний механізм відновлення кисню, не ускладнений концентраційною поляризацією.

Для більшості вуглецевих матеріалів, в нейтральних і слабо лужних розчинах, швидкість реакції електрохімічного відновлення молекулярного кисню не залежить від рН і нахил ділянки з електрохімічної кінетики становить 2b<sub>0</sub>. Що вказує на лімітування процесу стадією переходу першого електрона до адсорбованої, на катодній поверхні, молекули кисню.

Для дослідження кінетичних параметрів електрохімічного відновлення молекулярного кисню необхідно використовувати газодифузійний електрод з однаково доступною поверхнею. Важливим моментом є рівномірний розподіл матеріалів активаторів по поверхні газодифузійного електрода. Найбільш рівномірний розподіл дозволяє отримати метод просочення газодифузійного електрода розчинами, що містять солі металів – активаторів, з подальшим їх розкладанням до відповідних оксидів.

## **КОМПЛЕКСНА ІНТЕГРАЦІЯ УСТАНОВКИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ РОЗГОНКИ ГОЛОВНОЇ ФРАКЦІЇ ЕТИЛОВОГО СПИРТУ**

**Рябова І.Б., Гарєв Л.А., Горбунов К.О., Горбунова О.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Виробництво етилового спирту набуває все більш вагомого значення через розширення можливостей використання цієї речовини в різноманітних галузях промисловості.

Таким чином, оптимізація витрат енергії в енергоємному процесі отримання етанолу наразі є суттєво важливою задачею, для розв'язання якої можливо використати сучасні методи підвищення енергоефективності.

З точки зору мінімізації матеріальних витрат для енергоефективної модернізації процесу з можливістю використання вже існуючого обладнання безперечно є метод «пінч»–аналізу. Виявлення енергетичного потенціалу технологічних потоків всередині процесу, побудова складових кривих та проектування мережі рекуперативних теплообмінників дає можливість суттєвим чином скорочувати споживання зовнішніх енергоресурсів для здійснення процесу [1].

Наявність достатньої кількості гарячих потоків, які потребують охолодження для здійснення технологічного процесу, дозволяє використати їх енергетичний потенціал всередині технологічної схеми, виключаючи таким чином, споживання теплової енергії зовні (найчастіше, граючої пари) для нагрівання холодних технологічних потоків. З другого боку, зменшуються витрати охолоджуючої води, яку потрібно використовувати для відводу теплової енергії від гарячих потоків. Для впровадження даного методу після проведення відповідних розрахунків щодо кількості тепла, яке можна передати від гарячих потоків до холодних всередині технологічної схеми через рекуперативні теплообмінні апарати, проектують відповідну мережу теплообміну.

Суттєво зменшити витрати енергії в процесах ректифікації можливо також шляхом трансформації пари низького тиску для подальшого її використання в якості граючої пари всередині технологічного процесу. Процес стиску пари відбувається у парокомпресорі відповідного типу.

Така комплексна інтеграція технологічного процесу виробництва етанолу призводить до скорочення витрат енергії навіть при наявності систем рекуперативного теплообміну в вихідних схемах через оптимальне використання теплової енергії [2].

### **Література:**

1. Смит Р., Клемеш Й., Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Ульєв Л.М. Основы интеграции тепловых процессов. Харьков, НТУ «ХПИ», 200. 456 с.
2. Хіміч О.І., Перевертайленко О.Ю., Горбунов К.О., Рябова І.Б. К вопросу комплексной интеграции процесса ректификации смеси этанол вода // Наукові праці. Випуск 41, Т. «Одеса: Одеська національна академія харчових технологій. 2012. С. 170-173.

## **РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ ЕМУЛЬСІЙНОГО ЛІКЕРУ З ВИКОРИСТАННЯМ НАТУРАЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ**

**Сазонова Є. А., Півень О.М., Демидова А.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Емульсійні лікери – напої, при виготовленні яких застосовуються молочні і яєчні продукти, емульгатори, ароматизатори та інші наповнювачі. Ці лікери відрізняються надзвичайно приємним і м'яким смаком, невисокою міцністю (15–25 % об.) і привабливим зовнішнім видом. Відмінною особливістю цих лікерів є також підвищений вміст жирів (до 16 %). Виробництво їх здійснюється в ряді країн - США, Великобританії, Нідерландах, Німеччині, Угорщині. Лікери вживаються як у чистому виді, так і в складі безлічі змішаних напоїв, а також для приготування різноманітних страв та кондитерських виробів. Лікери можна пити з будь-якими соками.

З метою розширення асортименту лікери-горілочних напоїв з натуральним складом було запропоновано рецептуру нового емульсійного лікери з використанням натуральних компонентів. Технічний результат корисної моделі полягає у розробці напою з високим вмістом білків, тобто продукту підвищеної харчової та біологічної цінності.

Технічний результат досягається завдяки оригінальній рецептурі лікери, що містить тільки натуральні компоненти на какао-молочній основі з додаванням рослинних екстрактів, та особливостям виробництва, в результаті чого отримується напій з більш високими органолептичними показниками, підвищеною стабільністю при зберіганні. Напій має кокосово-кремовий смак ледве помітного м'ятно - ванільного тону, дещо нагадуючи аромати лікарських рослин, водночас не втрачаючи легкості та свіжості. До складу лікери входять: суміш трьох видів молока та суміш какао з корицею та яєчним порошком, глюкозно-фруктозний сироп і водно - спиртова суміш. Для підвищення смако-аро-матичних якостей рецептура містить 5 % розчин солі, екстракти м'яти і ванілі.

Використовуючи планування експерименту (найбільш поширеними для дослідження композицій сумішей є симплекс - гратчасті плани Шеффе), була проведена дегустаційна оцінка з метою визначення кінцевої рецептури, за якої даний лікер може отримати максимальну органолептичну оцінку. Для цього було підготовлено 10 зразків напою з постійною основою та різною кількістю смако-ароматичних компонентів. Результати органолептичної експертизи було використано для проведення регресійного аналізу з метою визначення рецептури нового напою для отримання ним оптимальних оцінок за органолептичними показниками. Таким чином, було отримано математичну модель у вигляді рівняння регресії, за яким визначено найкраще співвідношення смако-ароматичних компонентів нового напою, за яким досягається максимальна дегустаційна оцінка, тобто потрібно дотримуватись такого співвідношення цих компонентів у напої: 5 % – вий розчин солі – 1,59 %, екстракт ванілі – 0,96 %, екстракт м'яти – 0,45 %.

## **ФУНКЦІОНАЛЬНІ ГАЛЬВАНІЧНІ ПОКРИВИ: СИНТЕЗ І МОДЕЛЮВАННЯ**

**Сахненко М.Д., Ведь М.В., Яр-Мухамедова Г.Ш., Майба М.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Перспективи застосування сучасних матеріалів пов'язані, насамперед, із створенням поліфункціональних гальванічних покриттів, які поєднують термо- та корозійну стійкість, твердість, прогнозовані магнітні характеристики, високу провідність або резистивність та ін. Особливу увагу привертає зниження вмісту або навіть виключення кошовних металів із складу покриттів, тому перевагу віддають створенню багатокомпонентних сплавів. Серед методів формування функціональних покриттів майже безальтернативним є застосування електрохімічних технологій, здатних забезпечити спрямоване керування складом, морфологією поверхні, товщиною нанесеного шару, тобто чинниками, які обумовлюють властивості багатокомпонентних систем, а відтак – і сферу застосування. Споживчі властивості сплавів змінюються залежно від їх складу і морфології, але набагато кращі, ніж індивідуальних компонентів, хоча вибір компонентного складу в багатьох випадках ґрунтуються на евристичних алгоритмах, що скоріше притаманне мистецтву, аніж точним розрахункам. На наш погляд, розробка теоретичних основ селекції сплавотвірних компонентів можлива лише із залученням значної кількості фізико-хімічних параметрів на основі моделювання багатокомпонентних електрохімічних систем. Коректний математичний опис і встановлення взаємозв'язків «склад – властивості» та прогнозування функціональних властивостей вищезгаданих систем є неоднозначною і складною задачею, тому для її розв'язання застосовують апарат штучних нейронних мереж ШНМ [1].

На підставі раніше проведених досліджень [2] і сформованих масивів фізико-хімічних параметрів сплавотвірних компонентів (метали родини Феруму і тугоплавкі елементи) із залученням ШНМ було проведено моделювання корозійної тривкості, мікротвердості та магнітних характеристик сплавів, що дозволило визначити найбільш значущі чинники впливу та оптимізувати параметри електролізу.

Робота виконана за підтримки КазНУ ім. Аль-Фарабі в межах проекту АР05130069 «Розробка нанотехнології синтезу функціональних гальванічних покриттів для комплектуючих електрообладнання»

### **Література:**

1. Aherwara A. Prediction of effect of tungsten filled Co-30Cr-4Mo-1Ni metal matrix biomedical composite alloy on sliding wear peculiarity using Taguchi methodology and ANN / A. Aherwara, A. Singhb, A. Patnaikc // *Advances in Materials and Processing Technologies*, 2017. — 24 p.
2. Ведь М.В. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами : електрохімічний синтез, прогнозування властивостей: монографія / М.В. Ведь, М.Д. Сахненко. – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – 272 с.

## ПРОГНОЗУВАННЯ СКЛАДУ ПОКРИВІВ СПЛАВОМ Fe-Co-Mo

Сачанова Ю.І., Сахненко М.Д., Ведь М.В., Єрмоленко І.Ю.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Роботу присвячено дослідженню впливу параметрів електролізу на склад покривів Fe-Co-Mo, осаджених із комплексних цитратних електролітів, та ефективність катодного процесу.

Покриви наносили в гальваностатичному режимі в діапазоні густин струму  $2 - 5 \text{ А/дм}^2$  на зразки з міді марки М1. Осадження проводили з цитратних електроліту складу, моль/дм<sup>3</sup>: 0,05  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , 0,2  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0,15  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 0,1  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , 0,4  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 0,06  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , pH = 4,2 – 4,4 [1]. Елементний склад покривів визначали рентгено-флуоресцентним методом з використанням портативного спектрометра «СПРУТ». Морфологію поверхні досліджували за допомогою СЕМ ZEISS EVO 40XVP. Обробку зображення проводили із застосуванням програмного середовища SmartSEM.

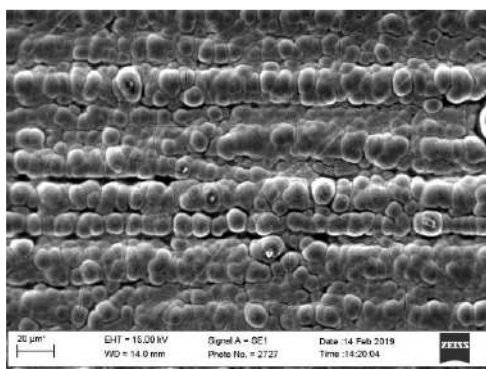


Рис. 1 – Морфологія поверхні сплаву Fe-Co-Mo

Осаджені покриви мають світло-блакитне забарвлення, яке відбиває наявність молібдену в склад сплаву, і характеризуються рівномірним розподілом елементів по поверхні. На поверхні покривів спостерігається формування щільної мережі сфероїдних структур (Рис.1).

Максимальний вихід за струмом складає 65 – 68 % при густині струму  $2,5 - 3 \text{ А/дм}^2$ . За таких значень параметрів електролізу покриви містять 12 – 16 ат.% молібдену та 29 – 35 ат.% кобальту при майже незмінній кількості заліза. Збільшення густини струму до  $5 \text{ А/дм}^2$

призводить до зміни складу покривів – вміст молібдену зростає до 18 – 21 ат.% при деякому варіюванні вмісту кобальту та заліза. Вихід за струмом процесу електроосадження сплаву динамічно знижується майже до 35 % внаслідок пришвидшення перебігу паралельної реакції виділення водню [2]. Цей факт може стати визначальним при тестуванні електрокаталітичних властивостей сплаву. Таким чином, варіювання густини струму дозволяє отримувати покриви сплавом Fe-Co-Mo бажаного складу з розвиненою поверхнею.

### Література:

1. Yermolenko I.Yu. Composition, Morphology, and Topography of Galvanic Coatings Fe-Co-W and Fe-Co-Mo / I.Yu. Yermolenko, M.V. Ved, N.D. Sakhnenko, Y.I. Sachanova // Nanoscale Research Letters. – 2017. – Vol. 12. – P. 352.
2. Yar-Mukhamedova G. Electrodeposition and properties of binary and ternary cobalt alloys with molybdenum and tungsten / G. Yar-Mukhamedova, M. Ved', N. Sakhnenko, T. Nenastina // Applied Surface Science. – 2018. – Vol. 445, pp.298 – 307

## ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНА ІНТЕГРАЦІЯ ВИПАРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ УПАРЮВАННЯ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ $\text{NaNO}_3$

Селіхов Ю.А., Коцаренко В.О., Адаменко Ю.А.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Енергозбереження широко впроваджується в хімічній промисловості. Основний потенціал енергозбереження в цій галузі припадає на впровадження нових енерготехнологічних процесів, ефективнішого устаткування, реконструкцію та модернізацію діючого обладнання, вдосконалення технологічних схем, підвищення рівня використання вторинних енергетичних ресурсів [1]. Застосування методів теплоенергетичної інтеграції дозволяє домогтися істотної фінансової економії за рахунок мінімізації використання зовнішніх енергоносіїв, шляхом максимізації рекуперації теплоти в рамках розглянутої енерготехнологічної системи.

У роботі досліджувався технологічний процес випарювання водних розчинів  $\text{NaNO}_3$ . Проаналізувавши методи розрахунку ефективності роботи обладнання ми зробили висновок, що єдиним методом який може дати економічно-обґрунтований результат без проведення додаткових розрахунків, є метод пінч-аналізу. Точка найбільшого зближення гарячої і холодної композитних кривих - це пінч-температура (пінч-точка або просто пінч), і є точкою з найбільшими обмеженнями. Таким чином, знайшовши цю точку і почавши проектування з неї, можна досягти цільової енергії за допомогою теплообмінників шляхом передачі теплоти між гарячими і холодними потоками.

На практиці в ході пінч-аналізу досить часто знаходять потоки з температурою вище пінч-точки і нижче її, які обмінюються енергією між собою. Видалення цих обмінів взаємним вирівнюванням дозволяє досягти потрібної цільової енергії. Для подальшого аналізу необхідно визначити величину потужності рекуперації у процесі, що існує. За вимірними температурами технологічних потоків і їх поточковими теплоємності визначаємо потужність кожного з рекуперативних теплообмінників трьохкорпусної випарної установки.

**Висновки.** В результаті роботи був вдосконалений процес проектування трьохкорпусної випарної установки шляхом застосування пінч-технологій. За розрахунками спроектована технологічна схема з автоматизацією процесу випарювання водного розчину  $\text{NaNO}_3$ . Строк окупності дорівнює приблизно 8 місяців. Враховуючи все, що було наведено вище, стає очевидним користь від застосування подібних проектів при розробці аналогічних трьохкорпусних випарних установок.

### Література:

1. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Изд. 9-е. – М.: Химия, 1973. – 750 с.



## **ІНТЕГРАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБМІНУ БЛОКУ АТМОСФЕРНОГО ПОДІЛУ НАФТИ**

**Селіхов Ю.А., Коцаренко В.О., Валіницький А.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Випуск різноманітної продукції у нафтопереробці залежить багато в чому від якості сировини – нафти. Чималу роль для отримуваних продуктів грає вибір технологічних процесів переробки, а також якість проведення кожного процесу.

Одним з важливих технічних елементів у процесах переробки нафти є блок атмосферного поділу нафти, основним апаратом якого є ректифікаційна колона. Метою згаданих процесів є одержання різноманітного асортименту фракцій, призначених для подальшої переробки у товарні продукти.

В даній роботі розглядається можливість підвищення ефективності рекуперативного теплообміну на блоці атмосферного поділу нафти. Після проведення аналізу потоків та теплової енергії, що споживається, представлений проект інтеграції процесу та переобладнання установки з мінімальним енергоспоживанням.

Для аналізу даних енергоспоживання та структури теплообмінної мережі необхідно виділити технологічні потоки, що приймають участь у теплообміні, а також потоки, які можуть бути включені до теплової інтеграції [1].

**Висновок.** Запропоновано проект реконструкції системи теплообміну для процесу. На основі розрахунків складена принципова енерготехнологічна схема проекту реконструкції, впровадження якої дозволить знизити питоме енергоспоживання гарячих та холодних утиліт на 14,93 % та 29 %.

Згідно з економічними розрахунками, потенціал енергозбереження процесу складає 30 млн. грн. на рік. Термін окупності запропонованого проекту реконструкції становить приблизно 3 роки. [2, 3]

### **Література:**

1. Баннов П.Г. Процеси нафтопереробки. -Ч.3, М:ЦНИИТ,Энефтехим, 2003.
2. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л. Интеграция теплоэнергетических процессов в промышленности / Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев, К.П. Кусаков// Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики. XIII конференция стран СНГ с международным участием. Труды конференции. Севастополь. 14–18 июля 2003 г. Киев. – 2003. – с. 116–120.
3. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев. – Харьков: ХГПУ, 2000. – 457 с.

## **ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА ТЕПЛОВОГО НАСОСА**

**Селихов Ю.А., Коцаренко В.А., Костенко О.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
м. Харьков*

Представлен разработанный и внедренный проект замены универсального котла с мазутной горелкой на тепловой насос грунт-вода. Был выбран прототип котла с мазутной горелкой и изучена его работа. Определены недостатки как в работе, так и в конструкции отдельных узлов.

По результатам анализа литературных источников было подобрано новое эффективное оборудование. Это двухконтурная солнечная установка плоскокапиллярного безнапорного типа [1] с коллектором специальной конструкции из полимерной пленки [2], в которой теплоноситель (антифриз) движется под действием силы тяжести по наклонной поверхности в виде пленки жидкости для горячего водоснабжения и тепловой насос грунт-вода для системы отопления частного дома. Замена старого оборудования на новое проводилась согласно методике теплотехнического расчета и расчета оптимизации по сумме удельных затрат эксергии.

Нами была разработана и внедрена новая технологическая схема комбинированной системы горячего водоснабжения и отопления частного дома. Разработана схема автоматизации системы с использованием автоматизированного рабочего места, и выбраны технические средства автоматизации. Выполнен экономический и эксергетический расчеты срока окупаемости новой комбинированной системы горячего водоснабжения и отопления. В результате расчет и дальнейшая эксплуатация двухконтурной солнечной установки и теплового насоса показали правильность замены оборудования и материалов.

### **Выводы.**

1. Двухконтурная солнечная установка подогревает теплоноситель до температуры 35 °С, после чего он подается во второй контур двухконтурного теплообменного аппарата для промежуточного нагрева теплоносителя до 45 °С.
2. Такой нагрев позволяет повысить температуру теплоносителя, который подается из теплового насоса до 85 °С и экономить электроэнергию.
3. Система автоматизации позволяет управлять комбинированной установкой без вмешательства человека.
4. Срок окупаемости комбинированной установки составил 2,6 года.

### **Литература:**

1. Даффи Дж., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М: Мир, 1977. – 420 с.
2. Селихов Ю.А., Селихова Л.Ю., Селихова Н.В., Бухкало С.І. Двухконтурная гелиоводонагревная установка, Патент України, № 64198 А, Бюл. № 2, 2004.

## **ІНТЕГРАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБМІНУ ДІЛЯНКИ УПАРЮВАННЯ СУЛЬФАТУ НАТРІЮ**

**Селіхов Ю.А., Коцаренко В.О., Костенко О.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Одним з методів скорочення енерговитрат є методи інтеграції процесів із застосування вискоєфективного теплообмінного устаткування [1] для рекуперації енергії усередині промислового підприємства. Був визначен енергозберігаючий потенціал наявної системи, виявлені її недоліки, та було знайдено рішення для використання великої кількості енергоресурсів в системі на інші потреби. У техніці процес випарювання (упарювання) набув широкого поширення, оскільки багато речовин (цукор, кухонна сіль, солі лужних металів, аміачна селітра і багато інших) отримують у вигляді слабких водних розчинів, а в готовому для споживання, зберігання або транспорту вигляді вони мають бути повністю або частково зневоднені. Рушійна сила випаровування – різниця температур пари, яка гріє і киплячого розчину, називається корисною. В основу розробки проекту покладені результати обстеження й пуску аналогічних випарних установок у виробництвах штучних волокон. В існуючій технологічній схемі процесу випарювання і кристалізації сульфату натрію вторинна пара не використовується. Але при проведенні аналізу схеми можливо зменшити витрату теплової енергії головним чином за рахунок використання потоку вторинної пари.

**Висновок.** В роботі зроблено аналіз існуючої схеми випарювання і кристалізації розчину сульфату, визначені та прораховані матеріальні і теплові потоки. За допомогою методів пінч-аналізу [2] спроектована оптимальна схема теплообмінних апаратів, що забезпечує рекуперацію тепла, внаслідок чого вдалося зменшити витрату гріючої пари на підігрівачі, а також оборотної води на холодильниках. Проведені економічні розрахунки, що забезпечують термін окупності капітальних витрат для схеми після реконструкції 2,96 року. Запропоновано заходи щодо охорони праці та безпеки навколишнього середовища.

### **Література:**

1. Smith R. Chemical process design and integration / Robin Smith, England, 2005. – 714 p.
2. Клемеш Й. Применение методов пинч-анализа для реконструкции тепловой сети установок первичной переработки нефти / Й. Клемеш, Л.Л. Тобажнянский, Н.Д. Андрийчук, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев, А.Ю. Перевертайленко, Б.Д. Зулин // Третя міжнародна виставка-конференція «Енергозберегаюча техніка і технології» («ЕТТ/Київ-96»). Тези доповідей конф.: Київ. 18-20 квітня 1996 р. / Київ. – 1996. – с. 31.

## ДОСЛІДЖЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ БАКТЕРІАЛЬНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ

Семененко А.Є., Масалітіна Н.Ю.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Бактеріальна целюлоза – органічний матеріал, який синтезується позаклітинно мікроорганізмами. В якості продуцента використовується симбіотична культура *Medusomyces gisevii*, яка складається з різних видів оцтовокислих бактерій і дріжджів. Може бути використана в різних галузях промисловості. Особливо широке застосування знаходить в медицині [1].

На синтез бактеріальної целюлози впливає значення активної кислотності і концентрація субстрату. При збільшенні оцтовокислих бактерій спостерігається підвищення приросту целюлози. Ефективність процесу може бути оцінена по конверсії субстрату: необхідно обрати оптимальну початкову концентрацію субстрату і підібрати такі умови, щоб конверсія субстрату була повною, а вихід цільового продукту найбільший. З підвищенням концентрації, чисельність оцтовокислих бактерій знижується пропорційно концентрації субстрату, що можна пояснити субстратним пригніченням [1].

Приріст плівки бактеріальної целюлози оцінювався гравіметрично, рівень активної кислотності визначався за допомогою іонометра. Мікробіологічні показники визначалися за методом прямого підрахунку клітин на камері Горяєва. Після мікробіологічного синтезу бактеріальну целюлозу відокремлювали від живильного середовища та проводили обробку з метою очищення від домішок. Протягом доби плівку витримували у 0,5 % розчині NaOH для видалення клітин, промивали в дистильованій воді до нейтральної реакції, далі обробляли протягом доби 0,5 % розчином HCl, з метою відбілювання від фарбувальних компонентів живильного середовища, промивали дистильованою водою та сушили при кімнатній температурі в розправленому стані [2].

Таким чином, проведені дослідження впливу активної кислотності та концентрації субстрату на синтез бактеріальної целюлози симбіотичним продуцентом *Medusomyces gisevii* дозволяють підібрати оптимальні значення показників для забезпечення максимального виходу цільового продукту та підвищити його якість за рахунок скорочення утворення побічних продуктів.

### Література:

1. Гладышева Е.К. Биосинтез бактериальной целлюлозы культурой *Medusomyces gisevii* [Текст] / Е.К. Гладышева, Е.А. Скиба // Вестник ВГУИТ. – 2015. – № 3. – С. 149–156.
2. Пат. 2597291 Российская Федерация, МПК C12N1/22, C12P19/04. Способ получения бактериальной целлюлозы [Текст] / Будаева В.В., Гладышева Е.К., Скиба Е.А., Сакович Г.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки ИПХЭТ СО РАН. – № 015129304/10 ; заявл. 16.07.2015; опубл. 10.09.2016.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ КАТАЛІЗАТОРІВ СТК ЗА МЕТОДОМ ЕКСПРЕС-ОЦІНКИ ЇХ ЯКОСТІ**

**Сінческул О.Л., Волобуєв М.М., Білик С.Ю., Ленець А.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У теперішній час в Україні співробітниками ТОВ «Хімтехнологія» (м. Сєвєродонецьк) розроблені нетрадиційні методи комплексної експрес-оцінки якості різних каталізаторів, в число яких входить і каталізатор середньотемпературної конверсії карбон (II) оксиду водяною парою. В їх основу покладено глибоке, ретельне дослідження комплексу фізико-хімічних досліджень властивостей каталізаторів, їх каталітичних здібностей та особливостей, а також виявлення багатofакторного впливу реакційних умов і екстремальних нерегламентованих ситуацій на каталізатор дозволяє правильно оцінити їх позитивні властивості і виявити недоліки.

Одним з таких нетрадиційних методів є експрес-оцінка термостабільності каталізатора методом високотемпературної рентгенографії в реакційних умовах. Цей метод дозволяє спостерігати процес термічного спікання активного компонента каталізатора і моделювати зміни структури, які відбуваються при тривалій експлуатації каталізатора в промислових умовах. В основі методу лежить встановлена кореляційна залежність між тривалістю роботи каталізатора в промислових умовах і змінами його кристалічної структури.

Дане дослідження базувалося на визначенні термостабільності, яке здійснювали в результаті порівняння інтенсивності одержаних дифракційних спектрів дослідного зразка каталізатора зі спектрами його відпрацьованого промислового аналога СТК-СМФ. Рентгенівські дифракційні спектри, що дозволяють визначити фазовий склад і структурні характеристики свіжого зразка каталізатора і того, який відпрацьовував 5 років в промислових умовах показали, що зі збільшенням часу експлуатації, дифракційні лінії стають більш вузькими і високими. Це відповідає збільшенню розмірів кристалів, тобто в процесі експлуатації відбувається спікання каталізатора.

Аналогічна зміна кристалічної структури свіжого каталізатора спостерігається за умови його прожарювання. Дослідження проводили безпосередньо в термокамері з протоком реакційних газових сумішей протягом 14 годин. Згідно даної методики тестування за 610 °С новий каталізатор СТК набуває змін своєї кристалічної структури, аналогічних відпрацьованому зразку. Аналіз отриманих рентгенограм дозволяє відмітити, що значної зміни форми рентгенівських піків не відбувалося. Порівняння дифракційних ліній дає можливість стверджувати, що термічна стійкість дослідного зразка каталізатора навіть дещо вища за подібний показник його аналога СТК-СМФ.

## **ПИТАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИРОВИНИ У МЕЖАХ КУРСОВИХ ПРОЕКТІВ**

**Сирку М.А., Бухкало С.І., Іглін С.П., Мірошніченко Н.М.,  
Шкредов І.С., Пахнутова М.І., Шевчук Т.Р.  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків***

Перелік заходів комплексного визначення властивостей сировини та продуктів надано з метою забезпечення їх якості, а також й конкурентоспроможності в Україні і у світі з урахуванням вимог до вмісту та складу відповідно вимогам стандартів. Нами розроблені вимоги до інноваційних курсових проектів, наприклад, експериментальні дослідження та аналіз комплексу борошна різних виробників та терміну зберігання. Зміни білково-протеїнажного оцінювали за кількістю і якістю клейковини – провідна роль в утворенні тіста з пшеничного борошна належить нерозчинним білковим компонентам гліадин і глютенін. Клейковина борошна гарної якості формує «силу» борошна; тісто з такого борошна пружне, еластичне, з високою газотримуючою здатністю; отримані вироби відрізняються кращою формостійкістю і великим питомим об'ємом. На вміст і якість клейковини мають вплив технологічні властивості зерна пшениці, з якого отримано борошно. Борошно різних сортів, отримана з одного і того ж зерна, має різний склад, що може бути зв'язано з тим, що при розмілі зерна в різні сорти борошна потрапляє неоднакова кількість ендосперму, алеїронового шару, оболонки і зародка. Тобто хімічний склад цих частин зерна неоднаковий, то і різні сорти борошна мають неоднаковий хімічний склад. Наприклад, прогнозування і забезпечення високої якості борошняних кондитерських виробів можливі лише при обліку хлібопекарських властивостей борошна, які залежать від білково-протеїнажного і вуглеводно-амілазного комплексів. Під терміном «білково-протеїназний комплекс» мають на увазі білки борошна, протеолітичні ферменти, що гідролізують їх, а також активатори і інгібітори протеолізу; у поняття «вуглеводно-амілазний комплекс» включені цукор, крохмаль і амілази, що гідролізують його [3]. Білки борошна мають наступний фракційний склад, %: проламіни – 35,6; глютеліни – 28,2; глобуліни – 12,6; альбуміни – 5,2; середній вміст білкових речовин у пшеничному борошні 13–16, нерозчинного білка – 8,7. Слід враховувати, що альбуміни, глобуліни, проламіни і глютеліни – не індивідуальні білки, а тільки білкові фракції, які виділяються різними розчинниками. Середній вміст сирової клейковини в пшеничному борошні 20 – 30 %, а у різних партіях борошна вміст сирової клейковини коливається в широких межах (16 – 35 %). Сира клейковина за експериментом з її визначення – 30 – 35 % сухих речовин і 65 – 70 % вологи; сухі речовини клейковини на 80 – 85 % складаються з білків і різних речовин борошна (ліпідів, вуглеводів і ін.), з якими гліадин і глютенін вступають в реакцію.

### **Література:**

1. Бухкало С.І., Іглін С.П., Главчева Ю.М., Мірошніченко Н.М. Можливості визначення компонентів складових комплексних проектів. 2018. – Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». № 40 (1316). – С. 46–52.
2. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах та задачах (прикладні та тести). Підручник з грифом МОНУ: – К: Центр учбової літератури, 2018, – 108 с.

## ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИРОВИНИ У МЕЖАХ КУРСОВИХ ПРОЕКТІВ

Ситник В.В., Яценко Б.С., Бухкало С.І., Сирку М.А., Касьян А.С., Оса О.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Перелік заходів комплексного визначення властивостей у межах курсових проектів необхідно розширити реологічними дослідженнями з метою забезпечення конкурентоспроможності сировини та продуктів в Україні і у світі відповідно вимогам міжнародних стандартів та стандартів України [1, 2]. Розроблені вимоги до інноваційних курсових проектів: експериментальні дослідження та аналіз комплексу борошна вищого сорту чотирьох виробників попередньо дослідженого нами (табл. 1). Тісто відносять до структурованих дисперсних систем, його реологічні властивості залежать від характеру структури, обумовленої хімічним складом, дисперсністю часток і інших факторів, і визначають особливості технології виробництва різних виробів. Структурно-механічні характеристики, насамперед в'язкість обумовлюють опір, що виникає в продукті при його механічній обробці, і є вихідними даними при проектуванні встаткування, пристроїв для транспортування та вибору оптимальних умов обробки мас.

Таблиця 1 – Аналіз борошна за деякими фізичними властивостями тіста з нього

Виробник	Вихід, %/якість/розтяжність/еластичність сирової клейковини	Кислотне число, град
1	30,6/1 група/середня/хороша	3,7
2	30,0/1 група/середня/хороша	4,8
3	35,6/1 група/середня/хороша	2,2
4	32,2/1 група/середня/хороша	3,5

Різновиди тіста поділяють за класами реологічних тіл, що потребує вибору у кожному випадку відповідного розрахункового рівняння для опису течії даного виду тіста у технологічних машинах і апаратах. Реологічні властивості дисперсних систем прийнято характеризувати рядом констант: модуль пружності; міцність; в'язкості – пластична, ефективна, диференціальна й ін. Найбільше практичне значення мають ефективна в'язкість і механічна міцність (межа міцності, границя текучості, гранична напруга зрушення) структури. Міцність структурованих систем визначається найбільшою граничною статичною напругою зрушення, можливою у даній системі. При досягненні цієї напруги настає руйнування структури. Пружність характеризує здатність тіла після усунення діючої сили миттєво відновлювати деформацію. Еластичність, відносять до різновиду пружності, вона характеризує здатність тіла до незначного пружного наслідку, деформація в цьому випадку знімається поступово.

### Література:

1. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах та задачах (прикладні та тести). Підручник з грифом МОНУ: – Київ: Центр учбової літератури, 2018, – 108 с.
2. S. Bukhkalov, I. Denysovets, Natalia Galagan, H. Dumenko. Intellectual Property as Complex Innovation Projects Component. International Journal of Engineering & Technology, 7 (4.8) (2018) 596–602.

## ОПТИМІЗАЦІЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА РЯЖАНКИ ТЕРМОСТАТНИМ СПОСОБОМ

Скорнякова В.С., Масалітіна Н.Ю.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Ряжанка – кисломолочний продукт, який виробляють сквашуванням пряженого молока чистою культурою термофільного молочнокислого стрептокока [1]. Додавання до складу біологічно активної добавки (БАД) «Люцевіта» в охолоджену молочну суміш перед сквашуванням дозволяє поліпшити характер розвитку мікрофлори [2]. «Люцевіта» – це екстракт люцерни, полівітамінний препарат, що містить аскорбінову кислоту, тіамін, рибофлавін, пантотенову кислоту, піридоксин, фолацин, групи водорозчинних сполук, молекули яких містять птеридинове ядро, залишки параамінобензойної і глутамінової кислот, токоферолі, філохінон, кверцетин, каротин, рутин. Закваску, на основі культури молочнокислих мікроорганізмів *Streptococcus thermophilus*, *Enterococcus faecium*, вносять до нормалізованої суміші при перемішуванні мішалкою, що дозволяє скоротити час сквашування продукту [3].

З метою обґрунтування раціонального режиму технологічного процесу приготування ряжанки при внесенні в неї БАД «Люцевіта» був досліджений процес формування згустку за показником його пенетрації. В результаті було встановлено, що пенетрація згустку ряжанки з БАД «Люцевіта» вище, ніж у контрольного зразка, що можна пояснити присутністю в складі БАД «Люцевіта» амінокислот і простих цукрів, які є оптимальною живильним середовищем для життєдіяльності молочнокислих бактерій і активізують процес бродіння, у результаті чого ряжанка дозріває швидше. Крім цього, підвищується харчова цінність виробів за рахунок поліпшення амінокислотного складу, що важливо для вирішення проблеми раціоналізації харчування населення України. Ряжанку з БАД «Люцевіта» можна рекомендувати для включення в раціон харчування як продукт функціонального призначення [3].

Таким чином, за рахунок використання БАД «Люцевіта» у виробництві ряжанки остання має кращі органолептичні властивості, БАД «Люцевіта» дозволяє отримати ряжанку з більш інтенсивним кольором і в'язким згустком.

### Література:

1. Ряжанка та варенець. Технічні умови: ДСТУ 4565: 2006. – [Чинний від 2007–04–01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – 8 с.
2. Пат. 2555525 Российская Федерация, МПК А23С9/12. Кисломолочный продукт и способы его производства / Кузнецова Л.М., Епифанова Н.В., Барченков Д.В., заявитель и патентообладатель открытое акционерное общество «Вимм-Билль-Данн»; заяв. 04.10.2015; опубл. 10.07.2015.
3. Пат. 2444199 Российская Федерация, МПК А23С9/13. Способ производства ряженки / Потороко И.Ю., Ботвинникова В.В., Калинина И.В., заявитель и патентообладатель Южно-Уральский государственный университет; заявл. 08.11.2010; опубл. 10.03.2012.



## **ВИКОРИСТАННЯ БЕЗМЕМБРАННИХ ЕЛЕКТРОЛІЗНИХ СИСТЕМ В СКЛАДІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ**

**Соловей В.В., Зіпунніков М.М., Шевченко А.А., Воробйова І.О.**

*Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України,  
м. Харків*

Науково-технічні дослідження у сфері водневої енергетики стали окремим напрямком науково-технологічного прогресу вже більш ніж 30 років тому. Багато країн розглядають водневі технології як пріоритет в їх соціальному і економічному розвитку, а головне, що це одночасно знаходить підтримку урядів і приватного бізнесу. Зокрема, усі індустріально розвинені країни прийняли національні програми розвитку водневої енергії, які фінансуються урядами цих країн та приватним бізнесом. Використання водню як принципово нового джерела енергії дає змогу створити якісно абсолютно іншу «водневу економіку».

Основна ідея, покладена в основу енерготехнологічного комплексу (ЕТК), – це здатність споживання і переробки некондиційної поновлюваної енергії. Нерегулярний потік первинної енергії, одержуваної від вітроенергетичної установки (ВЕУ) або фотоперетворювача, використовується в електролізері. Важливою характеристикою електролізера високого тиску є те, що в якості електроживлення може бути використана некондиційна електрична енергія. Очевидно, що такий підхід є найкращим для створення автономних електростанцій невеликої та середньої потужності. Розроблений ЕТК може розглядатися як автономна станція отримання водню.

Застосування в складі ВВС електролізера на базі оригінальної електрохімічної безмембранної технології у порівнянні з традиційними електролізерами забезпечує наступні переваги [1, 2]: енерговитрати на одиницю виробленого продукту складають 3,8 – 4,1 кВт·ч/м<sup>3</sup>; система забезпечує генерацію газів з тиском обмеженим лише міцністю конструкції корпусних елементів (на практиці досягнуто рівня 50 МПа); відсутність розділових мембран, що підвищує надійність і безпеку експлуатації системи; в електрохімічному генераторі водню і кисню високого тиску не використовуються рідкоземельні метали і метали платинової групи, що здешевлює вартість основного устаткування; чистота водню та кисню, що отримуються в результаті електрохімічної реакції відповідно – 99,98 % і 99,95 %.

Важливою складовою забезпечення надійної та ефективної роботи енерготехнологічного комплексу є синхронізація роботи ВЕУ і системи генерації газів. Отримані дані про конструктивні рішення електролізної техніки і особливості її експлуатації в технологічних схемах дозволили розробити оригінальні алгоритми автоматичного керування основними елементами системи і створити технічну базу для його реалізації.

### **Література:**

1. Зіпунніков Н.Н., Воробьева И.А., Шевченко А.А., Котенко А.Л. Использование ветроэнергетических комплексов в инфраструктуре водородной энергетики: материалы XXVI міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я», Харків.: НТУ «ХПІ», Ч.2 - 2018. – С. 330.
2. Solovey V.V., Kozak L., Shevchenko A., Zipunnikov M., Campbell R., Seamon F. Hydrogen technology of energy storage making use of wind power potential. Проблемы машиностроения. 2017. Т.20 - № 1. – С. 62-68.

## ОПТИМІЗАЦІЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ РИБОСОМАЛЬНИХ ВАКЦИН

Стаценко М.С., Огурцов О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Одним із завдань сучасної фармації є розробка високоактивних препаратів, а саме вакцин. Адже вакцинація захищає не тільки окрему людину, а й оточуючих, що дозволяє уникати епідемій. У 70 – 80-х рр. ХХ ст. почалася розробка вакцинних препаратів нового типу – препаратів, що складаються з рибосом відповідного збудника, тобто так званих рибосомних (субклітинних) вакцин. Для отримання даного виду вакцин використовують рибосоми, наявні в кожній клітині. Виділені рибосоми з матрицею в чистому вигляді і являють собою вакцину [1, 2]. Рибосомальні вакцини мають ряд переваг:

- бактеріальні рибосоми не є токсичними для тварин та малоактивні для людини;
- мають більш виражену імуногенність;
- здатні створювати перехресний імунітет до різних серотипів та серогруп в межах виду.

Рецидиви гострих респіраторних інфекцій – це досить поширена проблема. Тому в цілях зменшення захворюваності був використаний мікробний імуномодулятор «Рибомуніл» виробництва компанії «П'єр Фабр».

«Рибомуніл» при застудах виконує подвійну роль. З одного боку, сприяє знешкодженню та виведенню з організму вірусів і бактерій. З іншого – надає превентивну дію, перешкоджаючи «нашаруванню» вторинної інфекції, знижуючи ризик настання нових рецидивів. Іншими словами, препарат надає лікувально-профілактичну дію – його застосування дозволяє лікувати ГРІ, попереджати ускладнення і знижувати ризик повторних захворювань.

Для отримання рибосомальної вакцини «Рибомуніл» мікроорганізми *Klebsiella pneumoniae*, *Streptococcus pneumonia*, *Streptococcus pyogenes*, *Haemophilus* вирощують на поживному середовищі, з проведенням декількох генерацій. Далі з них виділяють рибосоми, які складають основну діючу речовину в препараті, за допомогою центрифугування та ультрацентрифугування. Для отримання більшого виходу продукту було запропоновано проводити гомогенізацію при 1200 бар тиску та температурі 4 – 6°C.

### Література:

1. Краснопольский Ю.М. Технология производства иммунобиологических препаратов: учеб. пособие / Ю.М. Краснопольский, М.И. Борщевская. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2009. – 352 с.
2. Атлас по медицинской микробиологии, вирусологии и иммунологии: Учебное пособие для студентов медицинских вузов / Под ред. А.А. Воробьева, А.С. Быкова. – М. : Медицинское информационное агентство, 2003. – 38 с.

## ПЕРСПЕКТИВИ ОДЕРЖАННЯ РИБОСОМАЛЬНИХ ВАКЦИН

Стаценко М.С., Огурцов О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Жодній медичній науці людство не повинно порятунком стількох життів, як вакцинології. Вакцинопрофілактика довела свою ефективність як найбільш економічний засіб попередження інфекційних хвороб. Створено вакцини проти більшості соціально значущих інфекцій, що призвело до значного зменшення захворюваності, та навіть зникненню віспи.

До середини ХХ століття була остаточно з'ясована роль рибосом в біосинтезі білка. Удосконалення молекулярно-біологічних і імунологічних методів дослідження дозволило вивчити будову рибосом і їх функції. Серед властивостей рибосом прокариотів і грибів особливе місце займає феномен рибосомної протекції, який полягає в здатності рибосом, виділених з патогенних мікроорганізмів і введених в сприйнятливий макроорганізм, захищати його від відповідної гомологічної, а в деяких випадках і гетерологічної інфекції. Рибосомні вакцини мають високу ефективність, оскільки бактеріальні рибосоми, на основі яких вони створюються, мають високу імунопротективну активність. Вакцини з рибосом характеризуються високим очищенням, тому кількість побічних реакцій при введенні препарату мінімальна, що доведено численними дослідженнями. Прикладом препарату на основі рибосом, з мікроорганізмів *K. pneumoniae*, *S. pneumoniae*, *S. pyogenes*, *Haemophilus*, є «Рибомуніл» [1].

«Рибомуніл» при застудах виконує подвійну роль. З одного боку, сприяє знешкодженню та виведенню з організму вірусів і бактерій. З іншого – надає превентивну дію, перешкоджаючи «нашаруванню» вторинної інфекції, знижуючи ризик настання нових рецидивів [2]. Іншими словами, препарат надає лікувально-профілактичну дію – його застосування дозволяє лікувати гострі інфекційні захворювання, попереджати ускладнення і знижувати ризик повторних захворювань.

Тому розробка нових імунотропних препаратів на основі бактеріальних рибосом і вивчення механізмів їх дії є перспективним напрямком сучасної вакцинології і клінічної імунології.

### Література:

1. Краснопольский Ю.М. Технология производства иммунобиологических препаратов: учеб. пособие / Ю.М. Краснопольский, М.И. Борщевская. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2009. – 352 с.
2. Атлас по медицинской микробиологии, вирусологии и иммунологии: Учебное пособие для студентов медицинских вузов / Под ред. А.А. Воробьева, А.С. Быкова. – М. : Медицинское информационное агентство, 2003. – 38 с.

## **КЛЕЙОВА КОМПОЗИЦІЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕДИЧНОГО ПЛАСТИРЮ**

**Сухоставська М.С., Черкашина Г.М., Рассоха О.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Пластирами виконуються різні функції: починаючи від обробки і стерилізації рани, і закінчуючи лікуванням різних хвороб [1]. Клейова маса за зовнішнім виглядом являє собою однорідну суміш, щільну при кімнатній температурі і липку, таку, що розм'якшується при температурі тіла. Пластирі без лікарських речовин у вигляді липкої стрічки (лейкопластир) використовуються для фіксації пов'язок та інших цілей. Пластирі повинні легко зніматися зі шкіри.

Одна з найважливіших властивостей для пластирів – це адгезія, так як у випадках відклеювання або сповзання його з місця нанесення спостерігається зниження терапевтичного ефекту лікарського засобу [2]. Метою даної роботи була розробка адгезивів (клеїв) та дослідження їх ролі в технології виготовлення пластирів.

Пластирі випускаються як пластикна маса на підложці (полотно, шифон, коленкор, папір та ін.); тверді пластирні маси (циліндри, бруски, плитки, палички); рідкі розчини (шкірні клеї). Клейовий шар складається з лікарських речовин і основи. Як лікарські речовини використовують антибіотики, сірку, кислоту саліцилову, екстракти, настойки та ін. Клейовою основою є натуральні (каніфолі) смоли і синтетичні смоли, воска, парафіни, вазелін, ланолін, свинцеві солі вищих жирних кислот (свинцеві мила), жири, каучук, нітроцелюлози, кополімери вінілпіролідону з вінілацетатом, поліметакрилат і акрилати, легкі розчинники (ефір, бензин, етанол), а також пластифікатори (лінетол, рослинні масла, дибутилфталат та ін.), антиоксиданти, наповнювачі та ін.

Розроблюваний клей для медичних пластирів і самоклеючих стрічок представляє собою склад, що не містить розчинників, на основі синтетичного каучуку, який при нагріванні переходить в рідкий стан і наноситься на підложку при температурах 130 – 180 °С. Склад розробленого клею, %: каучук синтетичний 12,5; окис цинку 30,0; ланолін безводний 9,5; масло вазелінове медичне 11,5; каніфоль соснова 20,5; антистаритель 0,5.

Каніфоль розчиняли в бензині при перемішуванні. Потім в розчин каніфолі завантажували каучук, який набухав і поступово розчинявся в бензині. Окремо готували суміш ланоліну з антистарителем каучуку. Для цього в частину ланоліну, розплавленого при температурі 50 °С, порціями додавали антистаритель. Суміш ретельно перемішували і пропускали через вальці. Потім готували суміш ланоліну, масла вазелінового і окису цинку: розплавляли ланолін і додавали вазелінове масло, до процідженої суміші додавали при перемішуванні окис цинку, після чого суміш пропускали знову через вальці. Профільтрований клей, пасту антиоксиданту та цинкову основу завантажували в ємність з мішалкою і перемішували протягом 5 год., потім готовий клей наносили на підложку.

### **Література:**

1. Технология лекарственных средств промышленного производства [Электрон. рес.]- URL: [http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/lik\\_tex/lectures\\_stud/ru/pharm/tpkz/ptn/](http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/lik_tex/lectures_stud/ru/pharm/tpkz/ptn/).
2. Производство пластырей. Перспектива развития [Электронный ресурс]- URL: [http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/lik\\_tex/lectures\\_stud/ru/pharm/prov\\_pharm/ptn/](http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/lik_tex/lectures_stud/ru/pharm/prov_pharm/ptn/).

## **ОРГАНІЗАЦІЯ СТАБІЛЬНОЇ РОБОТИ ВЕЛИКОТОННАЖНОЇ АМІАЧНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ**

**Тимошевська Л.В., Янчев С.І., Левченко К.М.**  
*Одеський національний політехнічний університет,  
м. Одеса*

У роботі проведено аналіз основних показників роботи аміачної холодильної установки комплексу перевантаження аміаку, яка призначена для охолодження рідкого  $\text{NH}_3$ , що має температуру навколишнього середовища, до мінус 33 °С, а також реконденсації парів аміаку, які утворюються після дроселювання. Суттєвою особливістю даної холодильної установки є конденсатор, який є горизонтальним апаратом повітряного охолодження, що складається з 8-ми секцій і займає площу 3500 м<sup>2</sup>.

Розглянуто заходи щодо забезпечення стабільної роботи аміачної холодильної установки шляхом автоматичного управління вентиляторами повітряного охолодження конденсатора і клапанами відведення газів, що не конденсуються, на факел. Розроблена математична модель аміачної холодильної установки і досліджені нерозрахункові режими роботи її повітряного конденсатора. За допомогою цієї моделі досліджено вплив гідравлічних опорів на шляху рідкого аміаку на виході з кожного теплообмінника конденсатора і три можливих алгоритми введення в роботу вентиляторів повітряного охолодження. Це дозволило оцінити амплітуду і частоту термогідравлічних коливань тиску в конденсаторі і запропонувати раціональну схему включення вентиляторів.

Виявлено недоліки існуючої системи видалення газів, що не конденсуються, на факел, які полягають в необґрунтованому одночасному відкритті всіх клапанів продувки двічі на добу протягом однієї години, а також низьким ступенем очищення парогазової суміші від аміаку. В результаті визначені основні причини зміни робочих параметрів холодильної установки, які вказують на наявність газів, що не конденсуються, або на виникнення термогідравлічних коливань в системі.

Для зниження термогідравлічних коливань тиску в конденсаторі і втрат аміаку пропонується використовувати розроблені алгоритми автоматичного керування вентиляторами системи охолодження конденсатора і клапанами відведення газів, а також нову абсорбційну систему видалення газів, що не конденсуються.

Стабілізація роботи великотоннажної холодильної установки комплексу перевантаження аміаку, спрямована на зниження амплітуди і частоти термогідравлічних коливань тиску аміаку в конденсаторі, а також на зменшення питомих витрат енергії і втрат аміаку через його скидання на факел, впровадження розроблених алгоритмів автоматичного керування вентиляторами і клапанами дає змогу знизити витрати природного газу споживаного комплексом, на 1,5 % (445 000 м<sup>3</sup>/рік) і втрати аміаку – в 10 разів.

## **АНГОВНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНОЇ КЕРАМІКИ РІЗНОГО СТУПЕНЯ СПІКАННЯ**

**Тихомирова М.В., Щукіна Л. П., Ященко Л.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У виробництві архітектурно-будівельної кераміки використовуються різні способи декорування поверхні, серед яких метод ангобування розглядається як найбільш універсальний і придатний для сучасного виробництва. Він дозволяє досягти різноманітних візуальних ефектів поверхні, виключити такі пороки виробів, як висоли і «дутік» при забезпеченні необхідного рівня їх експлуатаційних характеристик. До того ж метод ангобування є менш затратним у порівнянні, наприклад, з глазуруванням і має більші можливості щодо розширення кольорової гами покриттів.

Окрім заданих декоративних якостей анговні покриття повинні мати гарне зчеплення з керамічною основою, узгоджені з нею усадку та водопоглинання. Це потребує підбору ангобу за означеними параметрами для кожної керамічної основи окремо, що не дозволяє використовувати ангоби одного й того ж хімічного складу для різних керамічних виробів і в багатьох випадках потребує заміни сировинних матеріалів для регулювання властивостей покриттів.

Метою даного дослідження було розроблення базових складів ангобних покриттів для керамічних матеріалів з різним ступенем спікання з використанням одних і тих же сировинних матеріалів.

Як сировина при розробці складів ангобів використовувалась білопалені глинисті матеріали, бій тарного скла і пегматит, межі змінювання яких у складі сировинних композицій становили 60 – 90 мас. %, 0 – 30 мас. % і 10 – 40 мас. % відповідно. Анговні маси підлягали мокрому помелу до повного проходження крізь сито № 0063, після чого у вигляді шлікеру наносилися на висушені керамічні зразки методом поливу. В якості керамічної основи були використані червонопалені глини, придатні для виробництва лицьової і клінкерної цегли. Зразки випалювали за температур 960 °С і 1150 °С, після чого досліджували властивості матеріалів у взаємозв'язку з шихтовим складом ангобів.

В результаті експерименту були отримані анговні покриття білого і кремового кольору залежно від виду глинистої сировини і температури випалу, які забезпечили необхідні для лицьової і клінкерної кераміки значення водопоглинання (12,7 % і 3,0 % відповідно). Наближеність значень швидкості початкової абсорбції для керамічної підкладинки (0,892 %) і ангобованої поверхні (0,845 %) свідчить про те, що ангоб добре спікається з керамікою.

За результатами досліджень встановлена можливість використання базових сировинних композицій для отримання на їх основі ангобів для кераміки різного ступеня спікання. Властивості отримуваних ангобних покриттів на основі композицій можна регулювати шихтовим складом в межах досліджених концентрацій і температурою випалу матеріалів.

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ІММОБІЛІЗАЦІЇ ФЕРМЕНТУ НА ХІМІЧНО МОДИФІКОВАНІ СИЛКАТНІ СТЕКЛА

Толстоусова О.В.<sup>1</sup>, Скородумова О.Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут»,*

<sup>2</sup>*Національний університет цивільного захисту України,*

*м. Харків*

В останні роки потреби багатьох галузей науки і технологій, а саме для цілей біотехнології, медицині та інших галузей, приводять до необхідності в створенні нових матеріалів, які служать носіями активних речовин. Перспективним є отримання скляних носіїв з хімічно модифікованою поверхнею на основі існуючої досить недорогої промислової сировини, а саме стекол масових складів з достатньою кількістю лужних металів, (мас.%):  $\text{SiO}_2$  – 74,2;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 5,4;  $\text{B}_2\text{O}_3$  – 8,3;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 7,9;  $\text{K}_2\text{O}$  – 1;  $\text{CaO} + \text{MgO}$  – 3,2 і  $\text{SiO}_2$  – 72,7;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 1,42,  $\text{Na}_2\text{O}$  – 13,4;  $\text{CaO}$  – 8,4;  $\text{MgO}$  – 3,6;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,11,  $\text{SO}_3$  не > 0,4.

Процес іммобілізації активних речовин безпосередньо залежить від якості модифікування поверхні та достатньої кількості активних груп на поверхні носія. Тому попереднім етапом були дослідження процесу активації поверхні стекол за рахунок перетворення  $\equiv\text{Si-OH}$  груп в  $\equiv\text{Si-O-Li}$  методом іонного обміну в солях літію та проведення хімічного модифікування за допомогою кремнійорганічної сполуки (3,4 –АПТЕС). Контроль якості проведення модифікування і наявності аміногруп на поверхні скляного носія здійснювали методом зворотного кислотно-лужного титрування. Встановлено, що активація стекол в солях літію значно підвищує кількість реакційно спроможних груп в порівнянні з необробленими стеклами: до 6,2 рази на Na-Ca-Si стеклах і до 29,9 рази на Al-B-Si стеклах.

Наступним етапом є проведення процесу іммобілізації ферменту методом ковалентного зв'язування з поверхнею модифікованого скляного носія, який складається з наступних стадій: 1) сушіння носія з активованою поверхнею і неактивованої поверхнею; 2) амінування активованої поверхні і неактивованої поверхні неорганічного носія 3,4-АПТЕС; 3) проведення реакції зі зшиваючим агентом - глутаровим альдегідом; 4) іммобілізація ферменту - амілаз до поверхні носія; 5) стабілізація зв'язків іммобілізованого ферменту 0,1% розчином боргідриду натрію. Активність іммобілізованого ферменту в процесі роботи визначено йодометричним методом. Виявлена залежність активності іммобілізованого ферменту від кількості проведених послідовних змін роботи. Встановлено, що при безперервній роботі активність іммобілізованого ферменту зберігається до шостої зміни розчину крохмалю, після чого починає поступово знижуватися. Експериментально доведено, що іммобілізований фермент зберігає свою активність на протязі трьох місяців, на що вказує реакція комплексної сполуки крохмаль-йод з іммобілізованим ферментом (знебарвлення синього кольору розчину). Отже, отриманий результат свідчить про міцність зв'язків іммобілізованого ферменту з достатньою кількістю аміногруп на поверхні Al-B-Si скляного носія; тривалість його застосування та перспективність цього методу для цілей біотехнології.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СИНТЕЗУ ЦІАНІСТОГО ВОДНЮ

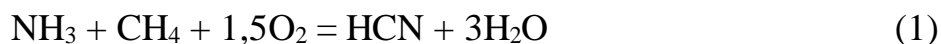
Трет'яченко Д.К., Авіна С.І., Гринь Г.І., Штепа В.Д.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

У роботі представлені основні результати досліджень щодо впливу складу вихідної газової суміші на утворення ціаністого водню окиснювальним амонілізом метану.

Ціаністий водень є одним із найважливіших напівпродуктів, що використовуються для виробництва ряду хімічних речовин: акрилонітрилу, метіоніну, гліцину, хлорціану, ціаніду натрію та інших речовин.

Найпоширенішим промисловим способом отримання ціаністого водню є каталітичне окиснення аміаку, метану і кисню на платиновому каталізаторі при проведенні процесу синтезу за високих температур. Реакція протікає без підведення тепла ззовні і описується наступним рівнянням:



Як видно із реакції отримання ціаністого водню (1) мольне співвідношення компонентів початкової суміші повинні бути 1 : 1 : 1,5. Однак на практиці це відношення не дотримується і може коливатися в різних межах. Тому дослідження впливу початкової газової суміші на синтез ціаністого водню є важливою і актуальною задачею.

Дослідження впливу складу початкової газової суміші на утворення ціаністого водню проводились в лабораторному проточному реакторі на 8 в'язаних платиноїдних сітках, наступного складу, % мас.: Pt – 90, Rh – 10. Температура процесу коливалась в межах 900 – 1000 °С. В ході проведення досліджень установлено, що при пониженому вмісті одного з реагентів у початковій газової суміші після реактора синтезу ціаністого водню в контактному газі присутня значна кількість компонентів суміші, що не прореагували. Виявлено, що ступінь перетворення реагентів в ціаністий водень залежить не тільки від початкової концентрації, а також і від їх співвідношення у вихідній суміші.

Дослідження впливу співвідношення компонентів реакційної суміші (метан, аміак, повітря) на ступінь перетворення аміаку в ціаністий водень показав, що при збільшенні співвідношення повітря/(аміак+метан) до 3,15 – 3,25 приводить до підвищення ступеня перетворення аміаку в ціаністий водень до 68 – 72 %.

Представлені дані щодо впливу одного із компонентів вихідної реакційної суміші, а саме водню на вихід цільового продукту. Установлено, що оптимальне значення кількості водню у вихідній газовій суміші має бути не більше 3,5 %. Отримані результати досліджень процесу отримання ціаністого водню окиснювальним амонілізом метану можна використовувати на сучасних хімічних підприємствах для оптимізації процесу отримання синильної кислоти.



**МЕТАЛОГІДРИДНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДНЮ****Умеренкова К.Р.*****Національний університет цивільного захисту України,  
м. Харків***

Робота присвячена застосуванню методики розрахунку параметрів фазових переходів в металогідридах (МГ), що використовуються при проектуванні й експлуатації систем очищення газоподібного водню. Побудована математична модель описує фазові діаграми систем метал-водень – співвідношення між тиском сорбції (десорбції), складом і температурою МГ (РСТ-діаграми). Запропоновано новий підхід до проблеми розрахунку фазових рівноваг у МГ, який полягає у визначенні властивостей водневої підсистеми гідриду, а також рівноважної з ним молекулярної фази  $H_2$  у рамках єдиного методу – модифікованої схеми теорії збурень. Термодинамічний опис водневої підсистеми в області неупорядкованих фаз виконано на основі моделі неідеального (взаємодіючого) решіткового газу атомів водню. При цьому враховані взаємодія між атомами водню і дилатація металевої матриці у процесі сорбції водню.

Математична модель фазових діаграм гідридних систем – як в гомогенних фазових полях, так і в області двофазних  $\alpha$ - $\beta$ -рівноваг формалізована у вигляді системи рівнянь, що описують рівність тисків та хімічних потенціалів фаз. Гілки кривої розпаду гомогенної фази системи Me-H (СТ-діаграми) на неупорядковані фази  $x=\alpha, \beta$  визначаються умовами паро-рідинної рівноваги:

$$\begin{cases} p_H(\theta_\alpha, T) = p_H(\theta_\beta, T); \\ \mu_n^+(\theta_\alpha, T) = \mu_n^+(\theta_\beta, T), \end{cases}$$

де  $p_H(\theta, T)$  – тиск решіткового газу

$$p_H(\theta, T) = \frac{kn_M c_s T}{v_0} \left[ -\frac{\ln(1-\theta)}{1+\alpha c_s \theta} + \frac{W_1/2}{T} \left( \frac{\theta}{1+\alpha c_s \theta} \right)^2 + \frac{2W_2/3}{T^2} \left( \frac{\theta}{1+\alpha c_s \theta} \right)^3 \right].$$

Фазові діаграми (РСТ-діаграми в області  $\alpha$ - $\beta$ -рівноваг), що пов'язують тиск  $p_{H_2}$  газоподібної фази  $H_2$  з параметрами  $c$ ,  $T$  гідриду, одержані з умови рівності хімічних потенціалів Н-підсистеми гідриду  $\mu_H(c, T)$  і  $H_2$ -фази  $\mu_{H_2}(p_{H_2}, T)$  в розрахунку на атом Н:

$$\frac{1}{2} \mu_{H_2}(p_{H_2}, T) = \mu_H(c, T) \cdot$$

Для гідридів на основі  $LaNi_5$  розраховані ізотерми розчинності водню в широкому діапазоні тисків добре узгоджуються з експериментальними даними.

## **МЕТОДИКА НАПЫЛЕНИЯ БЫСТРОЗАКАЛЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ**

**Усатюк И.И., Каверин Ю.Ф., Епутатов Ю.М.**

*Одесский национальный политехнический университет,  
г. Одесса*

Рассмотрены особенности современных методик нанесения металлических покрытий на поверхности металлических изделий и предложена методика нанесения быстрозакаленных металлических покрытий диспергированием струи расплава газами высоких давлений.

Созданная для отработки элементов разрабатываемой технологии экспериментальная установка для нанесения коррозионностойких покрытий включает в себя плавильную печь, корпус которой герметичен, что обеспечивает возможность создания защитной атмосферы, предотвращающей окисление исходного расплава, а также возможность экструдировать расплав из тигля по металлопроводу в распылитель.

Исходный сплав загружается в корундовый тигель и помещается в рабочую зону печи. Экструдирование расплава (подача его в распылительный блок) происходит в результате повышения давления в рабочей полости печи. Клапан подачи газа на экструзию устроен так, что при его отключении полость печи сообщается с атмосферой. Это позволяет обеспечить проточную атмосферу защитного газа в период наплавки и изотермической выдержки сплава, а также осуществить при необходимости остановку процесса напыления.

Корундовая трубка металлопровода конструктивно выполнена так, что расплав поступает в нее через специальные проточки с придонного слоя. Таким образом, обеспечивается равномерность подачи расплава на диспергирование, а также возможность полного его израсходования.

Блок распыления расплава предназначен для диспергирования струи жидкого металла и сообщения диспергированным частицам необходимой (как по величине, так и по направлению) скорости. Он герметично закреплен на крышке корпуса плавильной печи. В конструкцию распылителя включена деталь, при помощи которой возможно изменять соотношение  $A_{\text{в}}/A_{\text{кр}}$ , то есть изменять в зависимости от требований технологии геометрию кольцевого сопла Лавалля. Это необходимо при настройке распылителя для диспергирования конкретного сплава газом-энергоносителем, а также для изменения при необходимости соотношения газ-энергоноситель – расплав.

Основным элементом конструкции распылителя является кольцевое сопло Лавалля. Расплав подается в область диспергирования по металлопроводу, возле верхнего конца которого закреплен жиклер с калиброванным каналом ( $\varnothing 0,5 - 1,0$  мм). Упругая струя расплава пролетает некоторое расстояние до встречи со сверхзвуковым газовым потоком.

Высокая эффективность процесса диспергирования расплавов газом высокой энергии обеспечивается оптимальной конструкцией с расчетом форсуночного устройства. Максимальная энергия воздействия на струю расплава достигается при сверхзвуковых скоростях газового потока ( $M > 1$ ).

## УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА М'ЯКИХ СИРІВ ТИПУ КАМАМБЕР З ВИКОРИСТАННЯМ *PENICILLIUM CAMEMBERTI*

Уско А.О., Самойленко С.І., Огурцов О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Молочна промисловість України – одна з провідних галузей агропромислового комплексу. Сир – висококалорійний білковий продукт, харчова цінність якого зумовлена наявністю білків, пептидів, вуглеводів, солей кальцію та фосфору, вітамінів. Сири отримують шляхом згортаючих молочних білків ферментами або кислотами. Сироробство належить до виробництв, де мікробіологічні процеси відіграють важливу роль. Повноцінним продуктом він стає завдяки мікрофлорі. Технологія сирів заснована на мікробіологічних та біохімічних процесах, які протікають на всіх етапах їх виробництва.

Обов'язковим елементом сучасної біотехнології виробництва сирів є заквашувальні мікроорганізми. Культура білої цвілі використовується для закваски кисломолочних сирів. В сир Камамбер додають цвіль *Penicillium camemberti*. Камамбер має м'яке сирне тісто, яке дозріває завдяки проникненню всередину ферментів, які продукуються цвіллю на поверхні сиру. *Penicillium camemberti* має специфічний запах і смак, використовується при виробництві різних сортів сиру типу Камамбер [1]. Внаслідок протеолітичної дії сирне тісто стає жовтим та м'яким; сир вважається зрілим, коли вся сирна маса стає жовтого кольору.

Як сировину при виробництві сиру типу Камамбер пропонується використовувати незріле молоко. Позитивним результатом запропонованого рішення є прискорення процесу виробництва сиру за рахунок використання у виробництві незрілого молока, скорочення термінів дозрівання сиру без зміни органолептичних властивостей, поліпшення консистенції готового продукту і розширення асортименту продукції.

Використання незрілого молока дозволяє уникнути наступних проблем:

1) в процесі дозрівання молока ліпази психотропних мікроорганізмів здатні виділяти жирні кислоти, які гальмують протеолітичну активність молочних бактерій;

2) небезпека ураження бактеріофагами з огляду на те, що дозрівання молока створює можливість для певної кількості клітинних поділів [2].

В якості бактеріального препарату використовується мезофільна закваска з використанням *Lactococcus lactis sub-spp* (молочний лактокок), *Lactococcus cremoris* (вершковий лактокок), *Leuconostoc mesenteroides sub-spp cremoris*.

### Література:

1. Уско А. О. Біотехнологія виробництва м'якого сиру типу Камамбер з використанням *Penicillium camemberti* : дипл. проект / А. О. Уско. – Харків, 2018. – 85 с.
2. Пат. 2399286 Российская Федерация, МПК A23C19/068. Мягкий сычужный сыр / Боева Н. Д., Садовая Т. Н.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью фирма "Калория". – 2007127012/13; заявл. 17.07.07; опубл. 20.09.10. – 15 с.

## КОРИСНІ ВЛАСТИВОСТІ М'ЯКИХ СИРІВ ТИПУ КАМАМБЕР З ВИКОРИСТАННЯМ *PENICILLIUM CAMAMBERTI*

Уско А.О., Самойленко С.І., Огурцов О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Молочна промисловість України – одна з провідних галузей агропромислового комплексу. Сироробство належить до виробництв, де мікробіологічні процеси відіграють важливу роль. Повноцінним продуктом сир стає завдяки мікрофлорі. Технологія сирів заснована на мікробіологічних та біохімічних процесах, які протікають на всіх етапах їх виробництва. Обов'язковим елементом сучасної біотехнології виробництва сирів є заквашуючі мікроорганізми [1]. В сир Камамбер додають цвіль *Penicillium camemberti*. Внаслідок протеолітичної дії сирне тісто стає жовтим та м'яким; сир вважається зрілим, коли вся сирна маса стає жовтого кольору.

М'які сири багаті амінокислотами, які необхідні для формування і зміцнення м'язів. В сирі міститься мінімальна кількість лактози, можливе споживання людям з непереносимістю молочних продуктів. Щоденне вживання 50 г Камамбера цілком впливає на роботу нервової системи, є профілактикою карієсу, а також покращує стан зубної емалі [2].

Важливий плюс – сир багатий на вітаміни і солі фосфору. Дослідження довели, що при регулярному вживанні сирів з цвілью поліпшується формування меланіну, що захищає шкіру від дії сонячних променів.

Для сквашування молока в процесі виготовлення сиру використовують чисті культури *Lactococcus lactis sub-spp* (молочний лактокок), *Lactococcus cremoris* (вершковий лактокок), *Leuconostoc mesenteroides sub-spp cremoris*

Лактобактерії що надходять у тонкий кишківник та здійснюють синтез імуноглобулінів, які формують імунітет, перешкоджають розмноженню вірусів. Лейконостоки покращують процес травлення, імунітет та захищають стінки кишечника від шкідливих бактерій [1].

### Література:

1. Уско А. О. Біотехнологія виробництва м'якого сиру типу Камамбер з використанням *Penicillium camemberti* : дипл. проект / А. О. Уско. – Харків, 2018. – 85 с.
2. Сир Камамбер : Історія, виробництво, корисні властивості [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://syrodelkin.ru/syr-kamamber-istoriya-proizvodstvo.html>.

## **ВПЛИВ ПИЛОПОДІБНОГО КЛАСУ КОКСІВНОЇ ШИХТИ НА ВЛАСТИВОСТІ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОЇ СМОЛИ**

**Фатенко С. В., Балаєва Я.С., Мірошніченко Д.В.**

*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут»,*

*«Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут»,*

*м. Харків*

В останній час до коксохімічних підприємств України надходить вугілля Австралії, Канади, США, Індонезії, Казахстану тощо. Особливості його елементного складу та фізико-хімічних властивостей впливає на технологічні показники та вихід хімічних продуктів коксування [1 – 5]. Внаслідок умов добутку та багатьох завантажувальних та розвантажувальних операцій імпортного вугілля має місце підвищення вмісту пилоподібних класів у вугільних шихтах одночасно зі зниженням в них загальної вологи.

Метою роботи було дослідження впливу пилоподібного класу вугільної коксівної шихти на властивості отриманої з неї кам'яновугільної смоли, а саме ступеня її піролізу та вмісту вологи.

На підставі аналізу роботи Запорізького коксохімічного підприємства встановлено, що наявність у вугільних шихтах часток менш за 0,071 мм є додатковим фактором, що призводить до підвищення густини кам'яновугільної смоли та вмісту в ній речовин, що не розчинні у хіноліні.

Результатами лабораторних досліджень доведено, що погіршенню відстоювання кам'яновугільної смоли у ще більшій мірі сприяє попадання у неї вугільних часточок у процесі їх коксування. Встановлено, що найбільший негативний вплив на швидкість відстоювання кам'яновугільної смоли становить часточки жирного вугілля, що характеризується деяким комплектом гідрофільних та гідрофобних властивостей. Підвищенню стійкості обводненої кам'яновугільної смоли сприяє також зростання в неї частки класів вугілля менш ніж 5 мкм. Підвищення вмісту газового вугілля у вугільних шихтах, а також підвищення ступеня його попадання у кам'яновугільну смоли не призводить до погіршення швидкості її відстоювання.

### **Література**

1. Golovko M.B. Predicting the coke yield and basic coking byproducts: An analytic review / M.B. Golovko, D.V. Miroshnichenko, Y.S. Kaftan // *Coke and Chemistry*. 2011. Vol. 54(9). P. 331–338.
2. Miroshnichenko, D.V. Oxidation of pokrovskoe coal in laboratory and natural condition. 1. Kinetics of oxidation and technological properties / D.V. Miroshnichenko, I.D. Drozdник, Y.S. Kaftan, N.A. Desna // *Coke and Chemistry*. 2015. Vol. 58(3). P. 79–87.
3. Miroshnichenko D.V. Compositions of coals and anthracites as bases for modeling their properties / D.V. Miroshnichenko, M.L. Ulanovskiy // *KoksiKhimiya*. 2003. No 4. P. 3–7.
4. Miroshnichenko D.V. Coking of coal bath different content of oxidized coal / D.V. Miroshnichenko, I.D. Drozdник, Y.S. Kaftan, N.B. Bidolenko, N.A. Desna // *Coke and Chemistry*. 201. Vol. 55(5). P. 155–164.
5. Miroshnichenko D.V. Predicting the yield of coke and its byproducts on the basis of elementary and petrographic analysis: An analytic review / D.V. Miroshnichenko, M.B. Golovko // *Coke and Chemistry*. 2014. Vol. 57(3). P. 117–128.

## ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ЗОЛОСФЕР У ВИРОБНИЦТВІ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Федоренко О. Ю., Богданова К. Б., Регеда Н. М., Кіреєв А.Г.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Інтенсивний розвиток процесів обробки абразивним інструментом призвів до значного підвищення швидкості та якості шліфування завдяки заміні традиційних шліфувальних кругів суперабразивними кругами з використанням як абразивних зерен мікрокристалічних надтвердих матеріалів, зокрема синтетичних алмазів або кубічного нітриду бору (CBN).

В роботі розглянуто питання створення алмазно-абразивного інструменту (ААІ) на керамічних зв'язках з використанням як вторинного абразиву золосфер, що утворюються під час горіння твердого палива на ТЕС.

При розробці ААІ використовували синтетичні алмазні зерна марка АС6 (160/120 мкм). Враховуючи це, при виборі зв'язки виходили з необхідності збереження цілісності алмазних зерен на етапі виготовлення ААІ та реалізації їх раціонального самозагострення при шліфуванні. На основі композиції системи  $\text{B}_2\text{O}_3$  –  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  –  $\text{PbO}$ , модифікованої  $\text{CuO}$ , розроблена легкоплавка вітрифікована зв'язка, що забезпечує спікання композиту при температурі 550 °С і виключає передчасне руйнування алмазних зерен. Розроблена зв'язка з одного боку має необхідну адгезійну міцність по відношенню до зерен абразивів, що обумовлює їх утримання в зв'язці, а з іншого – характеризується заданим комплексом механічних і теплофізичних властивостей (модуль пружності  $E = 220$  ГПа, ТКЛР  $\alpha = 11,3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , теплопровідність  $\lambda = 1,5 \text{ Вт/м}\cdot\text{K}$ ), завдяки чому відбувається самозагострювання зерен, що втратили ріжучу здатність під час шліфування. Додатковою перевагою вітрифікованої зв'язки є можливість отримувати інструмент із заданою пористістю (20 – 40) %, що виключає засалювання робочої поверхні.

Як вторинний абразив використовували вилучені з золошлакової суміші Криворізької ТЕС алюмосилікатні мікросфери, для яких визначено їх хімічний склад та властивості: насипна густина – 0,4 г/см<sup>3</sup>; питома густина  $\rho = 0,7 \text{ г/см}^3$ ; переважний розмір 150–300 мкм, міцність на всебічне стиснення 7,5 МПа. Вторинний абразив виконує додаткову роль наповнювача, який має сприяти захисту зерен від динамічної дії стружки (що зазвичай має більш високу температуру), підвищенню міцності, термічної та зносостійкості композиту.

Зразки алмазовмісних керамоматричних композитів виготовляли методом вільного спікання силітової печі за температури 550 °С з витримкою 15 хв, після чого визначали їх властивості:  $\rho_{\text{уяв}} = 2,37$  %;  $W = 14,33$  %;  $P_{\text{відкр}} = 33,94$  %.

Дослідженнями мікроструктури отриманих матеріалів встановлено, що скломатриця, яка містить ізольовані і сполучені пори розміром від 5 мкм до 50 мкм, щільно огортає абразивні зерна (алмази і золосфери) та забезпечує їх міцне утримання в зв'язці. Оболонки золосфер товщиною 60 – 70 мкм мають сліди розкльовування, що свідчить про їх зміцнення шляхом кристалізації фаз з підвищеною твердістю, зокрема герценіту.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЗОЛОСФЕР У ВИРОБНИЦТВІ ГІБРИДНИХ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА КОМУНІКАЦІЙ**

**Федоренко О. Ю., Рищенко М. І., Крамаренко В. Ю.,  
Полухіна К. С., Іголкин В. М.**

***Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків***

Область використання теплоізоляційних матеріалів визначається комплексом їх функціональних властивостей. Надтонка ізоляція (покриття) є незамінними при теплоізоляції різних об'єктів будівництва і транспорту: трубопроводів теплового і водяного постачання, стін житлових і виробничих будівель, паро- і газопроводів, ангарів, рефрижераторів, ємностей і цистерн для транспортування рідин, нижньої частини поверхні мостів, гідрантів і водонагрівачів, кабін військової техніки та ін. Традиційно при виготовленні рідкої теплоізоляції використовують штучні скло- керамічні мікросфери.

Метою роботи є отримання гібридних теплоізоляційних покриттів (ГТП) з використанням як наповнювача полімерних дисперсій порожнистих золосфер, що утворюються при спалюванні палива на ТЕС.

Щорічно на ТЕС України утворюється до 8 млн. тон золошлакових відходів. Збільшення долі ефективного використання золосфер, як техногенних матеріалів вилучених із золосуміші, забезпечить комплексне використання сировини та сприятиме утилізації золошлакових відходів, що є актуальною проблемою в галузі охорони довколишнього середовища. Використання золосфер у складі ГТП дозволить збільшити об'єм дисперсного наповнювача, знизити усадку при полімеризації та забезпечити сталість і ізотропність властивостей.

Згідно до прийнятої робочої гіпотези наявність глобул в полімерній дисперсії має забезпечити рівномірний розподіл часток теплоізолюючого наповнювача (порожнистих золосфер). Аналіз переваг та недоліків доступних і недорогих полімерних матеріалів дозволив сформулювати критерії вибору матричних полімерних композицій: здатність утворювати при полімеризації плівкове покриття; міцне зчеплення з матеріалом основи; рівномірність розподілу часток наповнювача; сталість властивостей та нетоксичність. З урахуванням вимог до оптимальної мікроструктури покриттів для розробки РТП обрано полімерні композиції: акрилова (Акрилан 101) та стирол-акрилова (Арконал 290Д).

Експериментально визначено час повної полімеризації ГТП (5 – 10 год) та їх експлуатаційні властивості: теплопровідність (0,0025 – 0,005 Вт/м·°К), теплостійкість (-30 ÷ 200 °С), твердість за Шором (41 – 88 за шкалою А). Покриття характеризуються адгезійною міцністю 0,8 – 2,4 МПа по відношенню до керамічної та клінкерної цегли, бетону, керамічної плитки та керамограніту.

Проведеними дослідженнями показана перспективність використання золосфер як наповнювача ГТП, що дозволить знизити собівартість продукту і отримати екологічний ефект за рахунок утилізації золівідвалів.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ СТРУКТУРИ ПОВЕРХНІ КАЛЬЦІЙФОСФАТОСИЛКАТНИХ СКЛОКРИСТАЛІЧНИХ ПОКРИТТІВ ПІСЛЯ ВИТРИМКИ *IN VITRO*

Фесенко О.І., Саввова О.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Серед широкого розмаїття біосумісних матеріалів для кісткового ендопротезування особливе місце займають біоактивні матеріали та покриття за рахунок свої здатності утворювати не тільки фізичний, а й хімічний зв'язок з кістковою тканиною. Це реалізується за рахунок зміни хімічного складу та структури біоактивних матеріалів після їх вживлення в організм людини.

Ефективність використання біоактивних композиційних матеріалів зокрема, склокристалічних покриттів по титану, визначається поєднанням їх високої біосумісності при забезпеченні високої механічної міцності, яка забезпечується високою адгезійною міцністю покриттів до металевої основи, що забезпечує тривалий термін експлуатації виробу. Тому важливим є дослідження зміни складу та структури поверхні та приповерхневих шарів біоактивних склокристалічних покриттів по титану *in vitro*, що і склало мету даної роботи.

Для проведення досліджень було обрано зразок розробленого нами склокристалічного кальційфосфатосилкатного покриття FAR-5.3, одержаного методом шпінкерного нанесення на титан BT1-00 в умовах короткотривалої (1,5 хв) низькотемпературної (780 °C) термічної обробки.

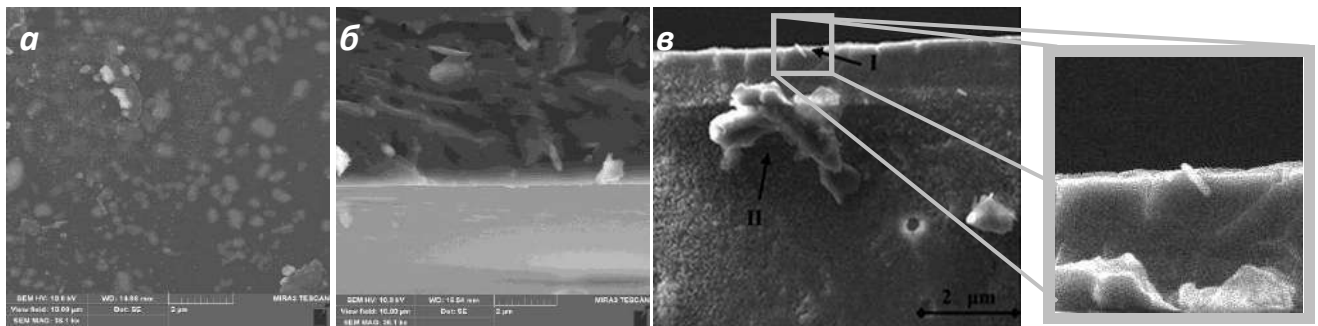


Рис. 1. – Структура поверхні покриття FAR-5.3 після витримки в МРО  
впродовж 1 (а), 14 (б) та 35 діб (в)

За результатами проведених досліджень поведінки зразку у модельній рідині організму (МРО) впродовж 35 діб витримки встановлено, що для нього характерним є поступове нарощування поверхневих шарів покриття, за рахунок розчинення покриття та осадження компонентів МРО і формування апатитоподібного шару шляхом протікання наступних стадій осадження: формування сферолітів аморфного фосфату кальцію ( $\text{Ca/P} = 1,5$ ) (рис. 1 а); злиттям сферолітів у гребені характерних для нестехіометричного гідроксиapatиту ( $\text{Ca/P} = 1,58 \div 1,64$ ) (рис. 1 б); вирівнюванням структури, з подальшою кристалізацією нових дрібних ( $< 0,5$  мкм) кристалів гідроксиapatиту ( $\text{Ca/P} = 1,67$ ) (рис. 1 в), як показнику мінералізації матеріалу.



## УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ВЕРМУТУ

Фьодорова О.В., Варанкіна О.О.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Важливою складовою харчування людини є напої, які являються найбільш перспективною харчовою системою для збагачення організму людини біологічно активними речовинами. Дослідження ринку показують значний ріст інтересу споживачів до ароматизованих напоїв, вермутів, щовиробляють на основі пряно-ароматичної рослинної сировини, котра має широкий спектр корисних властивостей [1].

Вермут, в першу чергу, створювали як лікарський засіб, що поєднував в собі смак вина і лікарських рослин. Його також вживають для поліпшення травлення і збудження апетиту, використовують в якості антисептика, як засіб від кашлю при простудних захворюваннях в народній медицині [2].

Удосконалення технології вермутів, в основному, направлено на корегування рецептурних складових, що дозволяє виробникам отримувати широкий асортимент продукції з різними органолептичними показниками якості – смаком та ароматом.

Метою проекту було удосконалення технології виробництва вермутів на стадії отримання екстрактів рослинної сировини.

Для досягнення поставленої мети було запропоновано використовувати екстракційно-дистиляційну установку «Алаб'як» для отримання рослинних екстрактів. Установка працює за наступною схемою: в куб завантажують необхідну кількість рослинної сировини, знизу заливають етиловий спирт з концентрацією 50 % об., рівень якого не торкається до сировини; при нагріванні спирт та компоненти з рослинної сировини, що екстрагуються, переходять в летючий стан, та проходячи через холодильник, конденсуються. Під час процесу отримання екстракту, останній ділять на фракції, обираючи найкращу за органолептичними показниками.

Запропонована зміна в технології дозволяє скоротити час стадії виготовлення рослинних екстрактів приблизно на 20 діб порівняно з класичною технологією та отримати більш чисті екстракти, які потребують меншої подальшої технологічної обробки для включення до складу вермутів.

### Література:

1. Тенденция развития рынка ароматизированных вин в Украине / Т.Н. Волошина, Л.А. Осипова, Н.В. Андреева // Економіка харчової промисловості. — 2010. — № 2. — С. 31-34. — Бібліогр.: 4 назв.
2. Свойства вермута - полезные и опасные – Еда+. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://edaplus.info/drinks/vermouth.html>

## БІОТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА МАРОЧНИХ КОНЬЯКІВ

Цурко І.А., Масалітіна Н.Ю.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Коньяк – міцний алкогольний напій з характерним букетом і смаком, виготовлений купажем коньячних спиртів, отриманих методом дистиляції коньячних виноматеріалів на спеціальних мідних апаратах з фракціонуванням, витриманих не менше 3 років у дубовій тарі або нержавіючих чи емальованих місткостях із дубовою клепкою. Найважливішу роль при бродінні виноградного суслу грають еліптичні дріжджі *Saccharomyces ellipsoideus*, також відомі як *Saccharomyces vini* Meyen. Популярність українського коньяку на вітчизняному ринку дуже висока і жоден з іноземних виробників не може скласти гідну конкуренцію місцевим брендам [1].

Виникає необхідність розширення асортименту марочних коньяків та підвищення їх органолептичних показників. Використання сортів винограду, які вирощуються у степовій зоні, де більше гумусу у ґрунті і достатня кількість сонячних днів, містять збалансоване співвідношення цукристості і кислотності, сприяє отриманню коньячного спирту з високими якісними показниками. Використання пізнього сорту Шабаш забезпечить створення коньячного спирту з характерним розрізняльним смаковими і ароматичними індивідуальним показникам. Сорт середньоазіатського походження Тербаш, який має високу врожайність, значну цукристість, прекрасні смакові показники, тонкий аромат, дозволить отримати високі органолептичні показники коньячного спирту [2]. Додаткова обробка холодом у відомому способі виробництва коньяку спрямована на забезпечення стабільності готової продукції, але ця задача вирішується лише частково. Тому була запропонована додаткова теплова обробка коньяку з додатковим відпочинком під час охолодження до температури навколишнього середовища [3]. Таким чином, впровадження у виробництво запропонованих удосконалень дозволяє отримати високу якість продукції, знизити втрату сировини під час виробництва, а також сприяє підвищенню конкурентоздатності на ринку коньячної продукції.

### Література:

1. Коньяки України. Загальні технічні умови : ДСТУ 4700-2006. – [Чинний від 2006-12-11] – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 16 с. – (Національний стандарт України).
2. Герасимов М. А. Технология вина / М. А. Герасимов. – М. : Пищевая промышленность, 1958. – 637 с.
3. Пат. 51150 Україна, МПК C12G3/06. Спосіб виробництва марочного коньяку «Крим» / О. І. Гаран, А. Б. Кішишев, власник Закрите акціонерне товариство «Завод марочних вин та коньяків «Коктебель». – №2002010462 ; заявл. 18.07.2002 ; опубл. 15.11.2002, Бюл. №11, 2002. – 4 с.
4. Пат. 33969 Україна, МПК C12G3/00, C12H1/02. Спосіб виробництва коньяку / [В. Я. Гончарук, Л. Б. Борисович, О. А. Каналош та ін.], власник В. Я. Гончарук, Л. Б. Борисович, О. А. Каналош та ін., - №99052544 ; заявл. 05.05.1999 ; опубл. 15.02.2001, Бюл. №1, 2001. – 5 с.

## УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО СПОСОБУ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА L-ГІСТИДИНУ

Чудна А.О., Фесенко І.В., Ларінцева Н.В., Фролова О.М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Гістидин належить до групи умовнонезамінних амінокислот, але, більшість медиків та біохіміків відносять гістидин до незамінних. Тому він обов'язково повинен потрапляти до організму з продуктами харчування чи з готовими лікарськими формами або домішками [1].

Ця амінокислота входить до складу мієлінових оболонок, захищаючи нервові клітини від всіляких подразників, необхідна при утворенні лейкоцитів і еритроцитів, сприяє зростанню нових і відновленню пошкоджених тканин [1]. Гістидин – один з найвідоміших антиоксидантів вільних радикалів сегментованого кисню та має протизапальну властивість [2].

Зараз відомо багато способів одержання амінокислот, однак найбільш перспективним з них є мікробіологічний спосіб виробництва. У цьому напрямку йдуть найактивніші розробки, особливо ті, що пов'язані з генетичною трансформацією мікроорганізмів з метою збільшення виходу готового продукту.

Тому для удосконалення біотехнологічного способу виробництва L-гістидину запропоновано використовувати бактерії роду *Escherichia*, які містять у своєму геномі ген *sanA*, який інактивований за рахунок делеції гену *sanA* в хромосомі бактерії. Це дозволяє отримувати L-гістидин з високим ступенем ефективності [3].

Сам спосіб виробництва включає стадії вирощування бактерії у поживному середовищі, видалення твердих залишків, такі як клітини, з культуральної рідини методом центрифугування або фільтрацією через мембрану, потім виділення та очищення L-амінокислоти методами іонообмінної хроматографії, концентрування і/або кристалізації [3].

Накопичення умовнонезамінної амінокислоти синтезованої генетично модифікованим штамом *E.coli80-ΔsanA* у поживному середовищі складає  $18,4 \pm 0,8$  г/л, що дозволяє суттєво збільшити вихід готової товарної форми продукту [3].

### Література:

1. «Еда+». Гистидин [Електроний ресурс]. – Режим доступа: <https://edaplus.info/food-components/histidine.html> (дата звернення 10.03.2018 р.). – Назва з екрана.
2. Fatalenergy [Електроний ресурс]. – Режим доступа: <http://fatalenergy.com.ru/power/1184588665-0.html> (дата звернення 14.05.2008 р.). – Назва з екрана.
3. Пат. 2326164 Российская Федерация, МПК C12P13/04, C12N1/21. Способ получения L-гистидина с использованием бактерии, принадлежащей к роду *Escherichia*, в которой инактивирован ген *sanA* / Шереметьева М.Е., Рыбак К.В., Клячко Е.В., Козлов Ю.И.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество "Научно-исследовательский институт Аджиномото-Генетика", заявл. 15.03.

## **ГІРСЬКИЙ ВІСК ЯК ПРЕПАРАТ ДЛЯ ТЕПЛОЛІКУВАННЯ**

**Чумак О.П., Лаврова І.О., Узлова А.М.**

***Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків***

Озокерит (від грец. Ozo - пахну і heros - віск) - природний мінерал нафтового походження, що видобувається в шахтах. В європейській літературі озокерит називають гірським, земляним або мінеральним воском, в народі - застиглими сльозами землі, в США - гумбед. Гірський віск являє собою багатокомпонентну складну систему твердих вуглеводнів з різноманітними фізико-хімічними властивостями. Точний склад гірського воску не встановлено. Це пов'язано з тим, що кількісне і якісне співвідношення складових частин, а також деякі фізичні особливості варіабельні і залежать не тільки від його родовища, але навіть від року видобутку і технології виробництва.

Родовища озокериту знаходяться в Туркменії (Шор-Су і Сикіртмінське) і в Карпатах. Майже 95 % світових запасів озокериту (гірського воску) залягає в Бориславі (Україна). Залежно від родовища він відрізняються один від одного температурою плавлення (56 – 78 °С), пінтрацією (27 – 66), кольором, питомою вагою (0,85 – 0,92), вмістом церезину (40 – 60 %), парафіну (3 – 7 %), різних мінеральних олій (45 – 65 %), вмістом смоли (6 – 10 %) та асфальтенів (1 – 2 %).

Найціннішим за своїми лікувальними властивостями вважається бориславський озокерит (ТУ 29944-49, в даний час ГОСТ 3677-76), що має температуру плавлення 65 – 67 °С, пінтрацію 24 – 27, питому вагу 0,90 – 0,97.

Крім того, в останні роки, у зв'язку зі скороченням запасів і видобутку природного озокериту, виникла проблема заповнення виниклого дефіциту препарату гірського воску для теплолікування.

Актуальним є розробка технології отримання препарату воску гірського для теплолікування, аналогічного за своїми фізико-хімічними та терапевтичними властивостям до природного озокериту.

Пропонується препарат гірського воску, який має наступне співвідношення компонентів (мас.%): віск – 33,0, парафін – 33,0, нафталанська нафта – 14,0, бітуми і асфальтени – 17,0, органічні кислоти (гумінова кислота та її сіль) – 2,0, мінеральні солі – 1,0. Технологія складається з таких операцій: нагрівання компонентів при температурі 90 – 100 °С до рідкого розплавленого стану впродовж 100 – 120 хв., перемішування зі швидкістю 10 – 15 об/хв., охолодження до температури не нижче 50 °С та розливання в брикети. Контролювалися такі параметри: температура плавлення 56 – 62 °С, колір чорно-коричневий, тверда консистенція, альфа-бензпірен відсутній.

Отриманий гірський віск застосовують так само, як і природний для теплолікування у вигляді компресів і кюветно-аплікаційним методом як засіб, що має велику теплоємність і низьку теплопровідність, для лікування теплом при артритих, артрозах, хронічних радикулітах і інших захворюваннях.

## **ПРО ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЧИСЕЛ ФОСФАТИДНИХ КОНЦЕНТРАТИВ**

**Чумак О.П., Узбегов Т.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Фосфатидні концентрати є складним комплексом сполук, до складу яких входять олія, фосфоліпіди та супутні речовини.

Мета даного дослідження полягає у встановленні можливості визначення кислотного та пероксидного числа з використанням відомих методів аналізу.

Проблема визначення кислотних та пероксидних чисел у фосфатидних концентратах зумовлена неповним розчиненням фосфоліпідів у системі розчинників, що застосовується в стандартизованих методиках та труднощами з фіксуванням зміни кольору зразку при фазовому переході.

В роботі пропонується визначати кислотне та пероксидне число не у фосфатидному концентраті, а в олії, що вилучена з фосфатидного концентрату. В дослідженні використано три зразки фосфатидного концентрату. Отримані дані підтверджують, що різниця між значенням кислотних чисел фосфатидного концентрату та вилученої з нього олії знаходиться в межах 0,1 – 0,3 мг КОН/г. Похибка визначення кислотного числа в олії відносно кислотного числа у ФК змінюється з середньою величиною 3 %, що допустимо при вимірюваннях, коли відбувається змінення кольору зразка при фазовому переході під час визначення кислотного числа фосфатидних концентратів. Таким чином, кислотне число фосфатидних концентратів можна оцінювати за величиною кислотного числа олії, яка вилучена з фосфатидного концентрату.

В дослідженнях використано два різних зразки фосфоліпідів соняшникової олії, які відрізняються різним терміном зберігання. Результати проведених досліджень свідчать про те, що величини пероксидних чисел, які одержані з використанням ізопропилового спирту та ацетону, відрізняються від пероксидних чисел, одержаних за діючим методом, відповідно на 0,06 – 0,11 ммоль  $\frac{1}{2}$  O<sub>2</sub>/кг і на 0,02 – 0,35 ммоль  $\frac{1}{2}$  O<sub>2</sub>/кг. Відносна похибка визначення пероксидного числа запропонованими методами 0,01 – 2,34 %. При зберіганні екстрактів олій в ацетоні чи ізопропіловому спирті можливий перебіг реакцій окиснення, що може зумовити змінення величини пероксидного числа. Для перевірки цього припущення вилучені ацетоновий і спиртовий екстракти зберігались у закритих колбах при доступі світла впродовж 6 годин. Одержані результати свідчать про те, що впродовж години в спирті пероксидне число змінюється на 1,7 %, а в ацетоні – на 0,3 %, через 6 годин – на 9,1 % в спирті і на 14 % в ацетоні.

Таким чином, якщо визначення пероксидного числа з використанням ізопропілового спирту чи ацетону проводити впродовж 1 години, то одержані результати будуть знаходитись в межах похибок, які передбачено чинним стандартом.

## ЩОДО ПРОБЛЕМ УДОСКОНАЛЕННЯ ВЕРШКОВИХ КРЕМІВ

Чумак О.П., Федоров М.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Борошняні кондитерські вироби, в тому числі торти і тістечка, являють собою групу продуктів, що користуються підвищеним попитом споживачів. Для прошарку і прикраси тортів і тістечок використовуються креми, які характеризуються високим вмістом цукру (понад 50 %) і жиру (до 35 %), невеликою кількістю білка, харчових волокон, що надають виробу високу калорійність. Велика увага приділяється питанням зниження калорійності кондитерських виробів, а також розробляються способи збагачення їх білками, харчовими волокнами та вітамінами.

Незважаючи на активний інтерес до даної тематики, проблеми вдосконалення технології вершкових кремів залишаються невирішеними. Крем вершковий це складна система емульсійно-пінної структури, в якій дисперсною фазою є бульбашки повітря і крапельки жиру, а дисперсійним середовищем - цукрово-молочно-яєчний сироп. На якість крему основний вплив має склад сиропу і умови його термообробки. Білки молочних і яєчних продуктів сиропу формують кордон розділу фаз і утворюють оболонки на бульбашках повітря і крапельках жиру в структурі крему.

Стадія термообробки сиропу є однією з найбільш критичних операцій, з якою пов'язані основні показники крему - щільність, вологість і мікробіологічна чистота продукту. Наявність яйця, м'які режими термообробки і тривалий час охолодження цукрово-молочно-яєчного сиропу призводить до можливості забруднення патогенними мікроорганізмами, що є небезпечним для здоров'я. Тому актуальним є дослідження можливості використання білок-полісахаридних сумішей (БПС) замість яєчних і молочних продуктів в сиропі для крему.

Метою науково-дослідної роботи удосконалення технології вершкових кремів, яка забезпечить підвищення якості, збільшення термінів придатності за рахунок використання БПС і цукрозамінників та зниження собівартості продукту.

З метою визначення зміни властивостей в процесі зберігання зразки, виготовлені за традиційною і розробленою технологіями, зберігалися в закритих пластикових ємностях при температурі 0 – 6 °С протягом 5 діб і відносної вологості повітря не більше 75 %. Зміна властивостей виробів в процесі зберігання визначали за органолептичними показниками, а також на підставі динаміки кислотного і перексидного чисел вилученого зі зразків масла.

Величина кислотного та перексидного чисел, які визначалися в перший день зберігання і на п'ятий в контрольному і новому зразках змінюється не більше ніж на 0,01 %. Досліджувані кремівні зразки не окислюються – це підтверджується стабільністю результатів.

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОГНЕУПОРНОГО ЦЕМЕНТА**

**Шабанова Г.Н., Гамова О.А.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Актуальным на сегодняшний день является создание новых технологий, направленных на рациональное использование природных ресурсов и минимизацию отходов производств, что позволит удешевить расходы на тонну готовой продукции и улучшить экологическую обстановку за счет вовлечения в производственный процесс отходов.

Особое внимание следует уделить утилизации отходов, накопленных предприятиями химической промышленности. К числу отходов, которые можно рассматривать как сырьевой компонент для производства специального вяжущего, обладающего огнеупорностью и устойчивостью к воздействию агрессивных сред, можно отнести отработанный кобальтсодержащий носитель катализатора, содержащий около 85 %  $Al_2O_3$ .

В данной работе исследована возможность использования отработанных катализаторов гидрирования серосодержащих органических соединений производства ЧАО «Северодонецкое объединение Азот» при разработке огнеупорного цемента. Синтезировано ряд составов огнеупорных цементов на основе углекислого бария и носителя катализатора, а также углекислого бария, оксида алюминия в сочетании с оксидом кобальта и кобальтовой солью при температуре 1600 – 1750 °С в зависимости от фазового состава. Фазовый состав контролировали с помощью рентгенофазового анализа. Физико-механические испытания полученных цементов проводились согласно методике малых образцов М.И. Стрелкова. Продукты гидратации исследовались дифференциально-термическим анализом.

Установлено, что основными фазами исследуемых образцов являются  $BaAl_2O_4$ ,  $CoAl_2O_4$ ,  $BaMoO_4$ , твердые растворы на основе  $BaAl_{12}O_{19}$ . Образцы характеризуются высокими показателями прочности – до 50 МПа в возрасте 28 суток твердения, быстротвердеющими – прочность при сжатии через 3 суток твердения – до 30 МПа; вяжущими воздушного твердения с водоцементным соотношением 0,22 – 0,25, и имеющими высокие температуры плавления (1600 – 1800 °С). В результате дифференциально-термического анализа установлено, что все основные эндотермические эффекты наблюдаются при 100 °С и 140 °С, а также при 280 °С и 340 °С, которые соответствуют процессам обезвоживания гидроалюминатов бария и частичному разложению  $Al(OH)_3$ .

Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования отработанных катализаторов в производстве огнеупорного цемента в качестве алюминатного компонента с сохранением основных физико-механических показателей, что позволит снизить материальные затраты на дорогостоящие импортные бокситы и реализовать природоохранные технологии в производстве вяжущих материалов.

## **ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ У ВИРОБНИЦТВІ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ**

**Шабанова Г.М., Корогодська А.М., Барінова А.О., Хлопицький О.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Внаслідок недосконалості технологічних процесів промислових підприємств поряд з випуском цільової продукції утворюються в значній кількості побічні продукти і тверді відходи, які звалюються у відвали і забруднюють навколишнє середовище.

Однак, відходи одного технологічного процесу можуть виступати як сировина для іншого продукту, що дозволяє розширити сировинну базу виробництва будівельних матеріалів. При цьому одночасно можуть вирішуватися як економічні, так і екологічні завдання, пов'язані зі збереженням природних сировинних ресурсів і зменшенням промислових відходів, які займають величезні території під відвали.

Проведені хімічні та рентгенофазові дослідження золошлакових відходів Криворізької теплової електростанції (КТЕ) та встановлено можливість їх придатності для використання в будівельній галузі промисловості, у тому числі для виробництва портландцементу.

Розраховано двокомпонентну сировинну суміш з використанням золошлакових відходів та кальційвмісної сировини та виготовлені зразки, які випалювалися у криптоловій печі при температурі (1450 – 1500) °С з ізотермічною витримкою 3 години з різким охолодженням клінкеру. Повнота протікання синтезу сполук контролювалася методом хімічного аналізу по відсутності вільного оксиду кальцію. Одержаний клінкер подрібнювали у кульковому млині до повного проходження крізь сито № 008.

Рентгенофазові дослідження дозволили встановити, що основними клінкерними мінералами є трикальцієвий силікат, дикальцієвий силікат, трикальцієвий алюмінат та чотирикальцієвий алюмоферит.

Фізико-механічні дослідження розробленого портландцементу проводилися відповідно до методики малих зразків М.І. Стрелкова. Встановлено, що отриманий портландцемент відповідає діючим ДСТУ Б В.2.7–46:2010.

Таким чином у результаті виконаних досліджень встановлена можливість застосування золошлаків КТЕ як сировини при виробництві портландцементу. Однак в кожному конкретному випадку слід всебічно оцінювати технічну та економічну доцільність використання цих матеріалів.

Таким чином, загальний рівень утилізації відходів промисловості залишається ще недостатнім, тому що використовується лише невелика частина відходів виробництв, а більшість залишається у відвалах, що жодним чином не позначається позитивно на екологічній обстановці регіонів, де існують такі накопичувачі. Проблема використання відходів і побічних продуктів різних галузей промисловості остаточно ще не вирішені і є актуальною проблемою сьогодення.



## **РОЗРОБКА СКЛАДІВ БІЛОГО ЦЕМЕНТУ НА ОСНОВІ СИРОВИНИ УКРАЇНИ**

**Шабанова Г.М., Корогодська А.М., Бузник О.О.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Розвиток виробництва цементу пов'язаний із розширенням сировинної бази, модернізації технології та обладнання, зменшення питомих енерговитрат, забезпеченням вимог екології, підвищення якості та збільшення асортименту продукції.

Особливе місце займає випуск і застосування декоративних цементів, до яких відносяться білий і кольорові цементи, що виготовляються на основі маловмісних сировинних матеріалів, які у своєму складі мають барвники.

Незважаючи на те, що білий портландцемент виробляється ось вже більш ніж століття, він більш відомий своїми естетичними і декоративними особливостями. В Україні відсутнє виробництво білих та кольорових цементів, однак у результаті застосування в наші дні високих виробничих технологій, а також вдосконалення знань і досвіду щодо якості цього продукту, можливо здійснення виробництва вказаних матеріалів та значне поширити асортимент будівельних матеріалів.

Метою даної роботи є розробка складів декоративного білого цементу з використанням малозалізовмісних глин України.

В процесі роботи проведено розрахунки сировинної суміші, дослідження хімічного та мінералогічного складів сировинних матеріалів. Вихідними сировинними матеріалами для виробництва декоративного білого портландцементу є мало залізовмісна глина Веско – Прима та вапняк Бабенківського родовища Ізюмського району (Харківська обл.).

Виготовлені зразки випалювали в криптоловій печі при температурі (1500 – 1550) °С з ізотермічною витримкою 3 години з різким охолодженням клінкеру. Протікання проходження синтезу з'єднань контролювалася методом хімічного аналізу при відсутності вільного оксиду кальцію.

Фізико-механічні випробування білого портландцементу проводилися згідно методики малих зразків М.І. Стрелкова, а оптимальний склад білого портландцементу випробовувався у відповідності з ГОСТ 310.1-96-310.4-96.

Технічні властивості розроблених матеріалів визначалися за стандартними методиками.

У результаті проведеного рентгенофазового аналізу встановлено що основні фазами білого портландцементу є:  $C_3S$  (трикальцієвий силікат),  $C_2S$  (дикальцієвий силікат),  $C_3A$  (трикальцієвий алюмінат) та  $C_{12}A_7$  (дванадцятикальцієвий семикальцієвий алюмінат). У результаті проведених досліджень отримано декоративний білий портландцемент, який можна використовувати в будівельній галузі народного господарства, в архітектурно-оздоблювальних роботах, для виготовлення скульптур, дорожніх знаків і різноманітних будівельних виробів.

## **ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС З ВОДНЕВИМ НАКОПИЧУВАЧЕМ ЕНЕРГІЇ**

**Шевченко А.А., Кошельник О.В\*., Котенко А.Л.**

*Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України,*

*\* Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут»,*

*м. Харків*

Зберігання енергії стає все більш важливим в контексті переходу людства від викопного палива до поновлюваних джерел енергії. Традиційний спосіб – хімічні батареї, які характеризуються обмеженим числом циклів і вимагають регулярного технічного обслуговування; в той час як гравітаційне зберігання, маховики і стиснене повітря в основному вимагають великих обсягів і високовартісні. Водень, як носій енергії в водневих паливних елементах, є можливим варіантом для зберігання різних кількостей енергії протягом щодо тривалого часу з малими втратами.

Проаналізовано різні рішення для автономних енергетичних об'єктів на основі енергії сонця / вітру – фотоелектричні системи для перетворення первинного випромінювання сонця, вітрогенератори і технології електролізу високого тиску для виробництва водню і буферному його зберігання в газоподібному стані в балонах високого тиску або в металогідридних акумуляторах.

Розробка універсальної технології, яка може бути використана для забезпечення безперервної потужності для малих і середніх автономних об'єктів або приватних господарств із застосуванням альтернативних джерел енергії та зберігання енергії. В технології застосовуються передові розробки електролізерів водню для ефективного зберігання надлишкової енергії отриманої з поновлюваних джерел, для подальшого використання в паливних елементах.

### **Література:**

1. Зипунников Н. Н. Разработка процесса получения водорода из воды с использованием сплавов на основе кремния и алюминия / Н.Н. Зипунников, В.Б. Трошенькин // Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2008. – № 3. – С. 51 – 55.
2. Зипунников Н.Н. Совершенствование процесса получения водорода в баллонном реакторе / Н.Н. Зипунников, В. Б. Трошенькин // Вісник НТУ „ХПІ”. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2009. – № 8. – С. 22 – 27.
3. Зипунников Н.Н. Использование ветроэнергетических комплексов в инфраструктуре водородной энергетики / И.А. Воробьева, А.А. Шевченко, Н.Н. Зипунников, А.Л. Котенко: матеріали XXVI міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків.: НТУ «ХПІ», Ч.2 – 2018. – С. 330.

## ФОРМИРОВАНИЕ ПОРИСТОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Шевченко Г.С., Ляшок Л.В.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В работе рассмотрено процесс получения пористого анодного оксида алюминия (АОА) методом одностадийного окисления в растворах: 1 М, 0,5 М серной кислот и 1 М, 0,5 М щавелевой кислот.

Обычно структуру АОА принято характеризовать такими параметрами как: степень пористости, диаметр пор, расстояние между порами, толщина стенки, толщина пористой пленки и барьерного слоя. И эти параметры можно менять методом электрохимического осаждения.

Эксперименты проводили при температуре 15 °С. В качестве анодов была использована алюминиевая конденсаторная фольга (99,99 %), катодом выступала свинцовая сетка. Исследование кинетики роста пористого оксида алюминия проводили в гальваностатическом режиме с варьированием напряжения и силы тока, результаты приведены на рис. 1. Характер зависимостей свидетельствует, что большее напряжение достигается при применении щавелевой кислоты.

Была рассчитана пористость полученных образцов, рассчитан диаметр пор и диаметр ячеек, получаемых во всех растворах. Также смоделирована поверхность полученных образцов (рис. 2).

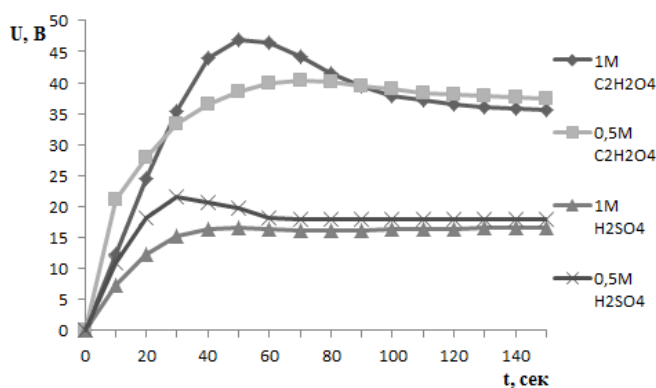


Рис. 1

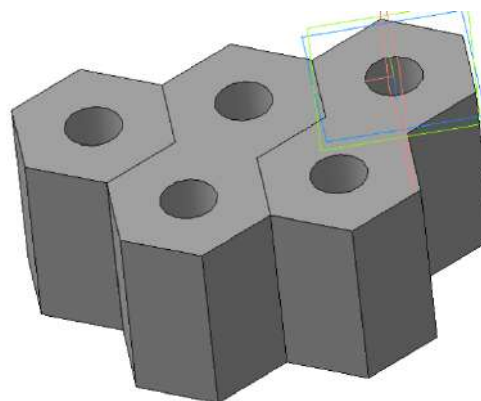


Рис. 2

В серной кислоте полученные образцы имеют большую пористость поверхности (10 %) и поры с диаметром до 20 нм. В щавелевой кислоте поверхность более развита, что улучшает функциональные свойства, при этом пористость составляет 8 % и диаметр пор 170 нм.

### Литература:

1. Б. И. Байрачный, Л. А. Ляшок, И. А. Токарева, Перспективные материалы, вып. 2: 66 (2014).
2. I. V. Roslyakov, E. O. Gordeeva, and K. S. Napolskii, Electrochimica Acta, 241, No. 1: 362 (2017).
3. Белов А. Н. Процессы формирования наноструктур на основе пористых анодных оксидов металлов. Автореферат. М. – 2011 г.

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗРАБОТКЕ ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**Шендрик А.М.**  
*ГПУ Шебелинкагаздобыча,*  
*г.Харьков*

На действующих, эксплуатационных скважинах потери газа при их продувках могут превышать 15 % суточной добычи, а на поздних стадиях разработки месторождений потери от выброса газа в атмосферу могут быть ещё больше. При этом по мере падения пластовых давлений эффективность продувок скважин для борьбы с процессами обводнения снижается.

Газодобывающие предприятия, которые эксплуатируют истощённые месторождения при снижающейся добыче газа несут возрастающие затраты на эксплуатацию обводняющихся скважин, профилактические и ремонтные работы, что приводит к снижению прибыли. Кроме того продувки скважин в открытую атмосферу вносят свой вклад в загрязнение атмосферы и процессы глобального потепления. Поэтому разработка и внедрение энерго и ресурсосберегающих технологий на газодобывающих предприятиях является приоритетным направлением.

Одно из таких решений – использование само вспенивающихся составов поверхностно активных жидкостей (далее ПАВ), которые без дополнительной аэрации природным газом при контакте с пластовой водой формируют пену. При этом забойную жидкость, связанную водой можно извлечь из скважины значительно уменьшив процессы пластовых поглощений жидкости при освоении и затратив существенно меньшее количество продувочного агента (природного газа, азота или сжатого воздуха).

Ещё одним важным преимуществом самовспенивающихся ПАВ есть возможность освоения застойных зон на забое скважин – тех зон перфорации, которые находятся ниже башмака НКТ и блокируются пластовой. Попадая в застойные зоны ПАВ формирует пену из накопленной там жидкости и позволяет начать работы по извлечению воды из скважины в составе пены.

В настоящее время ведутся работы по составлению и испытанию нескольких рецептур таких ПАВ, идет процедура патентования рецептуры и технологии использования само вспенивающихся ПАВ.

Другим направлением повышения энерго и ресурсоэффективности можно назвать организацию энерго эффективных параметров отбора газа на устье и забое скважин. Для этого используются устьевые системы контроля параметров газа и управления режимами отбора или закачки газа в скважину (для обеспечения оптимальных параметров на забое, условий выноса жидкости из забоя, снижения интенсивности процессов ретроградной конденсации). Это позволит своевременно и качественно корректировать устьевые режимы отбора газа из скважины, вести дистанционное пилотирование (управление) работой скважины. Для создания таких систем необходимо уже на этапе проектирования предусматривать трубопроводы подачи и отбора газа (в том числе КПП) к устью скважины, кабели управления и энергообеспечения систем управления скважиной.

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**

**Шендрик А.М., Шендрик Д.А., Фик И.М.**

*ГПУ Шебелинкагаздобыча,*

*Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина,*

*г. Харьков*

Энергетические проблемы вынуждают человечество всё активнее внедрять альтернативные способы получения энергии. В настоящее время новые направления альтернативной энергетики не в состоянии заменить традиционные способы получения энергии. Это связано с повышенными финансовыми затратами на внедрение новых технологий (по сравнению с традиционными) и с ограничениями по привязке к природным источникам энергии (речки, маршруты ветров, геотермальные источники). В большинстве случаев потребителю не нужны сверх большие мощности. Гораздо важнее надежность, невысокая стоимость и возможность получить энергию в любой точке Земли.

Одним из таких направлений может стать усовершенствованная геотермальная установка, реализованная на основе малогабаритных погружных энергоблоков на низкокипящем теплоносителе, которые будучи погружёнными в скважину используют геотермальную энергию для генерации электричества.

При этом использование ликвидированных газовых и нефтяных скважин и скважин кардинально может удешевить установку, а низкокипящие реагенты могут позволить использование технологии и в относительно холодных породах (по сравнению с гейзерами). Количество ликвидированных скважин в мире в настоящее время (по разным источникам) насчитывает 7 – 8 миллионов, и это число постоянно растёт. Особое значение имеет погружное исполнение генератора, поскольку на традиционных геотермальных электростанциях генераторы расположены на поверхности Земли и это приводит к огромным потерям энергии при теплообмене колонн скважин с породой снаружи скважины. В случае геотермальной энергетики именно большие тепловые потери приводят к ограничению внедрения геотермальных электростанций. Ведь для стандартной геотермальной электростанции необходимы источники горячей воды, которые залегают не глубоко. Можно сказать, что в новом варианте именно энергосбережение позволяет использовать геотермальные энергоблоки там, где такое раньше было не возможно.

Такие технологии могут массово применяться в газовой и нефтяной промышленности на уже пробурённых, ликвидированных по различным причинам, скважинах, в районах природных тепловых аномалий – например вулканов (Йеллоустоунский супервулкан, Везувий), в районах техногенных тепловых источников (угольные терриконы). Во всех этих случаях источником энергии будет даровое тепло, что значительно снизит затраты на производство электричества, а в случае ликвидированных скважин можно даже использовать отслужившее газодобывающее оборудование. При этом производство электроэнергии будет экологичным, а в случае геотермальных установок и условно неисчерпаемым.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ АККУМУЛЯТОРА ТЕПЛОТЫ НА ОСНОВЕ ТВЁРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

Шраменко А.Н., Саченко Л.В., Миколюк С.О., Карауш К.В.

*Одесский национальный политехнический университет,  
г. Одесса*

В работе приведены результаты математического и компьютерного моделирования процесса зарядки аккумулятора тепла на основе твёрдых веществ с целью определения оптимального расстояния между нагревательными элементами. По результатам исследования было определено, что наиболее эффективно аккумулирующий объём используется в том случае, когда расстояние между нагревателями не превышает  $2R_e$ , где  $R_e$  – эквивалентный радиус прогрева, м, определяемый по формуле [1]:

$$R_e = \sqrt{\frac{F_n}{\pi \cdot n} + r^2} \quad (1)$$

где  $F_n$  – площадь поперечного сечения аккумулирующей насадки, м<sup>2</sup>;

$n$  – количество нагревателей, шт.;

$r$  – радиус поверхности, воспринимающей тепло от нагревателя, м.

На рис. 1 представлено сопоставление данных компьютерного моделирования (а) и расчётных данных (б).

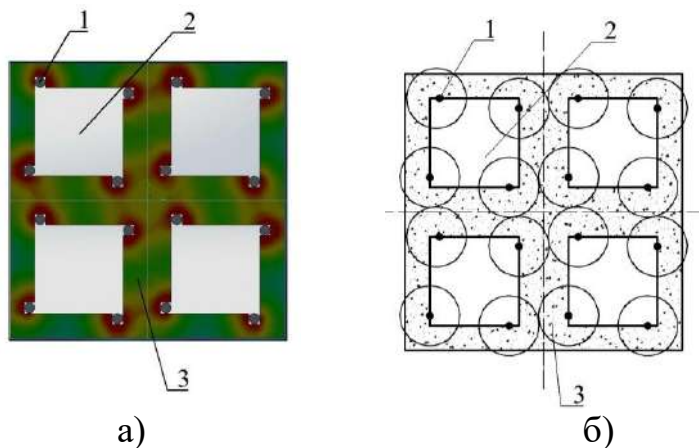


Рис. 1 – Распределение теплоты в насадке аккумулятора: 1 – трубчатый электронагреватель; 2 – канал; 3 – аккумулирующая насадка.

а) температурное поле в конце нагрева, полученное при моделировании;

б) изображение эквивалентных окружностей радиусом  $R_e$ , полученных расчетным путем.

Расположение нагревателей предложенным способом позволяет повысить равномерность прогрева аккумулирующего материала, что приводит к уменьшению массогабаритных характеристик и, следовательно, стоимости аккумулятора.

### Литература:

1. Alla Denysova, Aleksandr Klimchuk, Aleksandr Shramenko. Akumulatory ciepła na materiałach stałych dla systemów ogrzewania przerwanego // Nova Energia, 2018. № 2(62), pp. 89–90.

## **РЕНТГЕНОФАЗОВИЙ АНАЛІЗ КОМПОЗИЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ Co-Mo-TiO<sub>2</sub>**

**Штефан В.В., Єпіфанова А.С., Метеньканич М.М.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

В наш час все більше знаходять застосування в промисловості композиційні покриття. Сплави, що містять тугоплавкий метал (вольфрам, молібден) і метал групи заліза представляють інтерес з огляду на їх високу корозійну стійкість. Завдяки їх міцності, зносостійкості і низькому коефіцієнту тертя дозволяють використовувати в якості захисно-декоративних покриттів, при виробництві електронних приладів [1 – 3].

Композиційні сплави на основі кобальту та молібдену використовують в машинобудуванні і приладобудуванні для виготовлення різних конструкційних деталей, від яких потрібне поєднання високих механічних і магнітних властивостей [4]. Їх застосовують в електронній промисловості, автомобільній техніці, морських та авіаційно-космічних приладах [5].

В роботі проведено дослідження фазового складу композиційного покриття Co-Mo-TiO<sub>2</sub> за допомогою рентгенівського дифрактометра ДРОН-3.0 (CuK $\alpha$  - випромінювання), кут відбиття ( $\theta$ ) = 1,4°. Осади одержували методом електрохімічного осадження з полілігандного електроліту [2].

При формуванні покриттів варіювали густиною струму та  $pH$ . Отримані результати підтверджують, що в осаді присутні такі фази: Co, Mo, TiO<sub>2</sub>, Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MoO<sub>2</sub>, MoO<sub>3</sub>, Mo<sub>9</sub>O<sub>26</sub>, C, Mo<sub>3</sub>C<sub>2</sub>, Mo<sub>2</sub>C, CoTi, CoO, серед яких переважають сполуки Co<sub>2</sub>Mo<sub>7</sub>, Co<sub>7</sub>Mo<sub>6</sub>, Co<sub>2</sub>Mo<sub>3</sub>, Co<sub>3</sub>Ti, Mo<sub>9</sub>Ti<sub>4</sub>.

### **Література:**

1. Тележкина А.В., Кузнецов В.В., Аминов М.М., Демаков А.Г. Исследование коррозионного поведения покрытия сплавом Co-Cr-W в имитированных физиологических средах // Успехи в химии и химической технологии – 2017. - № 4. – Т. 31.
2. Штефан В.В., Єпіфанова А.С., Креч А.В. Електроліт для нанесення покриття кобальт-молібден. – ДП “Український інститут інтелектуальної власності”, 2016.
3. Штефан В.В., Єпіфанова А.С., Кобзєв О.В., Метеньканич М.М. Вольтамперометрія осадження сплаву Co-Mo // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2018. - № 39. – С. 80-83.
4. Shtefan V.V., Epifanova A.S., Koval'ova A.A., Bairachnyi B.I. Electrolytic Deposition of Highly Hard Coatings of a Cobalt–Molybdenum Alloy // Materials Science. – 2017. – Т. 53. - № 1. – С. 47-54.
5. Вомпе Т. А., Устюхин А. С., Миляев И. М., Зеленский В. А. Влияние режимов термомагнитной обработки на магнитные гистерезисные свойства магнитотвердых порошковых Fe-Cr-Co сплавов с содержанием кобальта 12 и 16 масс. % 2 // Ученые записки ЗабГУ – 2016. - № 4. – Т. 11.

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО СРЕДСТВА НА ВОДНОЙ ОСНОВЕ

Штефан В.В., Мануйлов А.М.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Создание антибактериального средства, которое не способствует развитию мультирезистентности у патогенов и при этом обеспечивает значительное снижение бактериальной нагрузки, является актуальной задачей. Целями данной работы были электрохимический синтез антибактериального средства на основе акваионов серебра [1], исследование свойств, а также исследование влияния режимов электролиза на антибактериальные свойства синтезируемого средства.

Антибактериальное средство, синтезируемое электрохимическим способом, т.е. путем анодного растворения серебряного электрода в воде при потенциостатическом режиме электролиза, было исследовано в лаборатории Биохимии и биотехнологии ГУ Институт микробиологии и иммунологии им. Мечникова на указанных выше тест-штаммах. По результатам восьми тестов среднее снижение микробной нагрузки составило 99,994 % для *Escherichia Coli* ATCC 25922; 99,995 % для *Klebsiella aerogenes* ATCC 13048; 99,963 % для *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027; 99,988 % для *Staphylococcus Aureus* ATCC 6538; 99,999 % для *Enterococcus faecalis* ATCC 29212.

В ходе биохимических тестов установлено, что синтезируемое средство оказывает выраженное ингибирующее влияние на процесс гидролиза мочевины уреазой. Степень ингибирования определяли на фотоэлектроколориметре КФК-2. Установлено, что средний процент ингибирования для синтезируемого средства составил 96 %, что является типичным показателем для ионов серебра.

В лаборатории кафедры Технической электрохимии НТУ «ХПИ» методом вольтамперометрии изучили электродные процессы, протекающие на серебряном электроде в 0,05 М водном растворе  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Установили, что область потенциалов активного растворения, лежащая в пределах  $E = 1.1 - 1.4$  В при плотности тока в диапазоне  $j = 2 - 4$  мА/см<sup>2</sup>, отвечает синтезу наиболее эффективного антибактериального средства. Предполагается, что в этой области происходит активное электрохимическое растворение серебра с образованием (в водных растворах) акваионов серебра  $\text{Ag}(\text{H}_2\text{O})_n^{z+}$  с последующим укрупнением гидратированных ионизированных атомов до комплексных ионов, наночастиц  $\text{AgNP}$ , коллоидных частиц  $\text{AgCP}$ , молекул и т.д.

В качестве вывода отметим, что электрохимический водный раствор на основе акваионов серебра демонстрирует высокий уровень снижения микробной нагрузки, превышающий 99,9 % для модельных тест-штаммов, а также оказывает выраженный ингибирующий эффект на процесс гидролиза мочевины уреазой, что может объяснять механизм антибактериального действия на бактерии, использующие указанный механизм в процессе обмена веществ.

### Література:

1. Manuilov A.M., Martynov A.V., Antiseptic spray based on stabilized silver particles: an analysis of antiseptic properties and comprehensive comparison, Annals of Mechnicov Institute, No. 1, 2018. P. 21 – 27.



## **ПИТОМИЙ ЕЛЕКТРИЧНИЙ ОПІР ЯК ПОКАЗНИК ГОТОВНОСТІ КОКСУ**

**Шульга І.В., Владимиренко В.В.**  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Необхідною умовою забезпечення високої якості коксу є його готовність, що забезпечується належним технологічним режимом коксування та в кінцевому підсумку визначається ступенем впорядкованості макромолекулярної структури коксу у вигляді графітоподібних блоків [1]. При цьому кокс набуває властивостей напівпровідника.

Вугілля є діелектриком [2] через наявність в бічних ланцюгах його макромолекули великої кількості  $\sigma$ -зв'язків, утворених вуглецем у стані  $sp^3$ -гібридації, які характеризуються значною шириною забороненої енергетичної зони (до 6 еВ) і тому електрони цих зв'язків практично не можуть потрапити до зони провідності і стати носіями електричного струму.

При коксуванні внаслідок глибокого крекінгу макромолекули практично позбавляються бічних ланцюгів і переважна частина вуглецю в кокс знаходиться у вигляді конденсованих поліароматичних структур. Для таких структур характерна  $sp$ -гібридація електронних оболонок вуглецевих атомів. При цьому половина валентних електронів беруть участь у створенні  $\pi$ -зв'язків, електронні хмари яких орієнтовані за площинами, перпендикулярними шарам конденсованих вуглецевих структур. Ці електрони мають значно меншу ширину забороненої зони, що не перевищує 2 еВ, тому вони порівняно слабо пов'язані з ядрами атомів і можуть досить легко переходити в зону провідності, стаючи таким чином носіями електричного струму.

Зі збільшенням готовності кількість електронів, здатних ставати носіями струму, збільшується, і електричний опір коксу зменшується [3] одночасно з поліпшенням комплексу його споживацьких властивостей. Тому визначений за стандартних умов [4] питомий електричний опір є об'єктивною характеристикою готовності коксу.

### **Література:**

1. Филатов Ю.В., Ковалев Е.Т., Шульга И.В. и др. Теория и практика производства и применения доменного кокса улучшенного качества. – К.: Наукова думка. 2011. – 128 с.
2. Саранчук В.И., Ошовский В.В., Лавренко А.Т., Кошкарев Я.М. Метод определения величины электрического сопротивления угля в зависимости от температуры // Наук. пр. ДонНТУ. Сер.: "Хімія і хімічна технологія". В. 134 - Донецьк: ДонНТУ, 2008. - С. 138 – 143.
3. Слободской С.А. Электротермия в новых процессах углехимии: монография/ – Харьков: Изд-во «Підручник НТУ «ХПІ»», 2013. – 252с.
4. ДСТУ 8831:2019. Кокс. Метод визначення питомого електричного опору порошку коксу кам'яновугільного. – К.: ДП УкрНДНЦ, 2019.

## СЕКЦІЯ 12. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ

### DEVELOPMENT OF ABSTRACT TEMPLATE CANDIDATE DISSERTATION IN THE $\text{\LaTeX}$ SYSTEM

**Azarenkov V. I., Volchanskaya A. V.**

*National Technical University*

*«Kharkov Polytechnic Institute», Kharkov*

The  $\text{\LaTeX}$  publishing package allow to receive a high-quality document without the involvement of a typesetter. Even to create complex texts, it is not necessary to spend a lot of time studying the possibilities of  $\text{\LaTeX}$  and designing the necessary high-quality document. Unlike editors and other layout programs,  $\text{\LaTeX}$  is initially focused on automatic compliance with all printing standards (installed first in the package and allowing for any corrections; and any significant changes in the text and links entail automatic re-layout of the text) and creation of aesthetically designed documents. Layout with it takes several times less time and nerves than the same work done in regular editors, while giving significantly better results (in terms of accuracy of design, reading, etc.). As a rule, a document created with the help of  $\text{\LaTeX}$  is simply a pleasure to pick up. The package was originally designed for layout at a high print level. In  $\text{\LaTeX}$ , the user sets only the text and its structure, and the system itself, on the basis of the selected template, forms the final document, performing the functions of both the designer and the layout designer.

$\text{\TeX}$  was first created for languages using the Latin alphabet. Problems immediately arose with Cyrillic fonts due to the peculiarities of their coding and writing. The main problem in the construction of Ukrainian documents in  $\text{\LaTeX}$  is the number of the required fonts in the Cyrillic script. Documents received in American, European and Ukrainian sets in  $\text{\LaTeX}$  are not only distinguished by fonts; these differences are determined by both national traditions and state standards. The differences relate, first of all, to set of not only fonts, but also full sets of symbols of the Ukrainian language (and other Cyrillic languages): №, %, two types of dashes and hyphens, two types of quotes, etc. It is necessary to take into account tables and hyphenation rules, features of writing mathematical symbols and functions, names and design of individual parts of the text, headings, sections and subsections, their numbering, captioning titles and names of tables, spaces, indents and punctuation, and much more.

This work proposes solutions to the above and other problems for the layout of texts in the Ukrainian language in  $AMST\text{\TeX}$ ,  $\text{\LaTeX}2\epsilon$ ,  $\text{\TeX}Live$ ,  $\text{\LuaTeX}$ ,  $\text{\XeTeX}$  and  $\text{\XeLaTeX}$  and their derivatives, and also developed templates for the layout of abstracts of Ph.D. and doctoral theses taking into account national and interstate standards.

This material is the result of the course work.

## **FEATURES OF IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGIES AND MEANS OF MOBILE LEARNING IN EDUCATIONAL PROCESS**

**O.S. Karpets, T.S. Suleimanova**

*Pavlograd secondary school of I-III degrees №9 of Pavlograd City Council of Dnipropetrovsk Oblast, Pavlograd*

Educational-bringing-up process improvement, accessibility and effectiveness of education, young generation preparation for life in information-oriented society are the priorities of educational development, which is provided through the implementation of technologies and mobile learning. It enables to choose the convenient time for studying and disciplines' acquirement, exercise control and analysis over one's own learning activity independently that stimulates student to absorb material in a quality manner.

A solid step towards the transition from a cognitive to a pragmatic model of education is a creation of new generation textbooks that give the opportunity to increase the number of users, enhance visual aspects of material presentation, increase the period of use, minimize the time spent searching and selection of literature, control gained knowledge etc.

When developing the e-textbook for mobile learning, it is necessary to focus attention both on its content and interactive methods, allowing students to study independently and creatively; combine in it the functions of a textbook and a teacher, a reference information guide and a consultant, a simulator and a knowledge control program.

Modern computer technologies for creation of e-textbooks allow the use of animation, audio and video information, embedded control systems for learning and changes in the presentation of a course, depending on the results of the control required of teachers the relevant information and communication competence.

Standard software is not enough to solve such a task, that's why for implementation in the course of multimedia, interactive content, it is necessary to create it with help of specialized software packs. They allow to realize most pedagogical technologies. The cost of software program and ability to import textbook into the learning platform are also important.

The possibilities of modern programs for the development of e-textbooks are diverse: eBooksWriter LITE - creation of textbooks for mobile devices; eBook Maestro - HTML pages including, VB and Java scripts, audio, graphic and video files, links; ChmBookCreator – textbook creation from htm, txt, doc, and rtf regular files; SeKumBookStudio – textbook transformation into e-book formats (epub, fb2, mobi, azw3), documents (chm, pdf, docx, rtf, txt), web sites (html), programs for Windows (exe) or Android (apk) ; iBooksAuthor - offline textbook creation with Multi-Touch technology specifically for iPad.

The introduction of mobile learning in education has the following benefits: increasing motivation to study; individualization of learning; objectivity of control; ability to obtain quickly the necessary information; wide range of use; intensification of independent work; increasing level of students' responsibility for the result of education.

## ТЕМАТИЧНИЙ ІНТЕРАКТИВНИЙ ПЛАКАТ ЯК ІНСТРУМЕНТ СИСТЕМАТИЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Березенська С. М.

*Харківський торговельно-економічний інститут Київського торговельно-економічного університету, м. Харків*

Сьогодні впровадження в освітній процес закладів вищої освіти технологій дистанційного навчання, побудованих на основі систем управління навчанням (LMS), носить системний характер. Незаперечними перевагами сучасних платформ LMS є можливість в межах однієї екранної сторінки систематизувати всю інформацію з навчальної дисципліни, здійснити логічне структурування навчальних елементів, узгодити послідовність їх подання, забезпечити інтерактивність освітнього процесу. При цьому особливої уваги від викладача потребує процес налаштування режимів відображення тієї інформації, яка подається в навчальному курсі. Особливо це стосується інформації, яка подана з використанням гіперпосилань на зовнішні джерела, або, для відображення якої необхідно застосовувати додаткове програмне забезпечення – «вийшовши» за межі платформи LMS, студент дезорієнтується в алгоритмі роботи з навчальним матеріалом та втрачає логіку його подання.

Вирішити цю проблему, в певній мірі, вдається за рахунок використання в межах дистанційного курсу, створеного на платформі LMS, мультимедійних інтерактивних плакатів, які дозволяють зібрати в єдине ціле:

- елементи опорного конспекту (схеми, таблиці, списки, текстові фрагменти);
- ілюстративні елементи (інтерактивні малюнки, анімацію, відеофрагменти);
- контент, побудований на основі технологій Web 2.0 (дидактичні ігри, інтелект-карти, time-line тощо).

Дидактичні властивості мультимедійних інтерактивних плакатів забезпечують їх ефективне використання як під час проведення аудиторних занять, так і для організації самостійної роботи студентів. При цьому очевидним є той факт, що для створення інтерактивного плакату викладач повинен мати навички роботи з відповідним програмним забезпеченням (наприклад, Microsoft PowerPoint, Prezi (<https://prezi.com>), Lino (<http://en.linoit.com>), Glogster (<http://edu.glogster.com>) тощо), а також дотримуватися правил візуалізації інформації та побудови візуальних об'єктів.

З метою формування інформаційної компетентності майбутнього фахівця як вагової складової його фахової компетентності, досить ефективним є залучення до розробки мультимедійних інтерактивних плакатів студентів, які в процесі їх створення можуть виконувати як індивідуальні, так і групові проекти.

У якості висновку можна додати, що використання в освітньому процесі вищої школи інтерактивних плакатів дозволяє одночасно вирішити декілька методичних задач – по-перше, зацікавити студентів та привернути їх увагу до ключових моментів навчального матеріалу, а, по-друге, залучити студента до активної пізнавальної діяльності, яка передбачає занурення в процеси запам'ятовування, розуміння, застосування, аналізу, синтезу та оцінки.

## **РОЗРОБКА ВЕБ-ЗАСОБІВ ДЛЯ РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЗДІБНОСТЕЙ ДІТЕЙ**

**Бідусенко А.І., Савченко М.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Використання сучасних засобів телекомунікацій в практиці навчання в даний час реалізується через методику змішаного навчання. Дана методика передбачає всебічно використання віртуальних навчальних середовищ типу Moodle [1]. Успіх навчання сильно залежить, наскільки швидко викладач адаптує свій курс до конкретної групи учнів. Проблема успішності дитячого навчання складається з наступних факторів: інтелект (за допомогою тесту когнітивних здібностей і оцінок вчителів); креативність (за допомогою тестів: на незвичайне застосування по тесту Дж. Гілфорда, на креативність по П. Торренс, на вербальну обдарованість, а також за допомогою оцінок вчителів); соціальна компетентність (за допомогою опитувальника по соціальній компетентності та оцінок вчителів); психомоторні здібності (за допомогою комп'ютерних тестів і оцінок вчителів); здатності в області мистецтва (оцінки вчителів); некогнітивних особистісні характеристики (опитувальники по «бажання отримувати знання», сподіваючись на успіх, страху перед невдачею, тривожності, самооцінки, навчального стилю); характеристики оточення (опитувальники: по сімейному (для батьків) і шкільного психологічного клімату); досягнення (опитувальник по активності в різних областях, оцінки з різних предметів, а також опитувальник для батьків з вивчення активності дітей).

В даний час не існує сталої думки щодо того, вважати різні види інтелекту (аналітичний, соціальний та емоційний) підвидом якогось загального інтелекту або вони співіснують незалежно один від одного [2]. Аналітичний інтелект (AI) відповідає за здатність оперувати знаковою і символічною інформацією і на основі цього організовувати осмислену діяльність. Емоційний інтелект (EI) забарвлює цей процес чуттєвими переживаннями. Соціальний інтелект (SI) визначає здатність орієнтуватися у відносинах між людьми і на цій основі, враховуючи також існуючі норми і правила комунікації, організовувати свою поведінку і діяльність. Для вивчення AI були реалізовані різні варіанти модифікованого тесту «Прогресивні матриці Равена» в адаптації Койчи, з обчисленням показників результативності та продуктивності. Для оцінки EI обраний тест Люсина, який оптимально відображає здатність людини орієнтуватися в своїх і чужих емоціях. Для оцінки здатності орієнтуватися в складних ситуаціях міжособистісної взаємодії і нормах соціальних відносин був реалізований тест Щербакова «Оцінка оптимального вибору в конфліктній ситуації».

### **Література:**

1. Alex Buchner      Moodle 3 Administration / – Packt Publishing, 2016.- 492 p.
2. Солсо Р. Когнитивная психология / – СПб.: ПИТЕР, 2006.– 400 с.

## **М-ТЕХНОЛОГІЇ У СУЧАСНІЙ СИСТЕМІ МАТЕМАТИЧНОЇ ОСВІТИ**

**Бобрицька Г.С.**

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
м. Харків*

Інформаційні технології спроможні забезпечити та збагатити комунікаційне середовище. Вони можуть надавати інструменти для збору даних та для побудови і тестування моделей. Це може розширити спектр діяльності і досягнення дискусії, в інші світи через ігри та симуляції, а також в інші частини світу за допомогою мобільного телефону або електронною поштою. Інформаційні технології забезпечують спільний розмовний навчальний простір, який може бути використовуються не тільки для окремих студентів, але й для навчальних груп та громад.

Інформаційні технології також можуть демонструвати ідеї або надавати поради на рівні описів, як із всесвітньою мережею або системами онлайн-довідки або за допомогою спеціальних інструментів для обговорення концептуальних карт та засобів візуалізації.

До переваг м-навчання відносять можливість спілкування за науковою тематикою з широким колом людей, що дозволяє студенту перевірити правильність своїх розмірковувань. М-навчання також дозволяє розв'язувати вище зазначені проблеми за допомогою удосконалення зворотного зв'язку із студентами, організації спілкування студент-студент, студент-викладач. Викладач може використовувати як синхронні (чат, мобільне спілкування, Skype), так і асинхронні режими спілкування (вебінар, форум, електронна пошта, Viber, Telegram, соціальні мережі тощо). На сучасному етапі розвитку інформаційно-комунікаційних технологій, крім зазначених вище форм спілкування, можна використовувати інтерактивні онлайн-дошки. На відміну від функції демонстрації екрану у системах, подібних до Skype, онлайн-дошки можуть використовуватись у синхронному режимі декількома користувачами.

Прикладами інтерактивних онлайн-дошок, які застосовуються в нашому інформаційному просторі, RealtimeBoard, Flowchart, WikiWall, Popplettra ін. До функціональних можливостей цих дошок можна віднести: презентація документів, використання елементарних геометричних об'єктів, завантаження малюнків, використання різнокольорових ручок, збереження інформації.

Крім онлайн довідників та джерел інформації великої популярності набуло використання різноманітних мобільних додатків. Існують додатки освітнього напрямку, які допомагають вивчати мови, проходити тести, готуватись до зовнішнього незалежного оцінювання. До математичних додатків можна віднести «Математика – всі формули», в якому містяться математичні формули шкільного курсу математики, а також математичного аналізу та аналітичної геометрії. «Математика. Довідник» містить стислу теоретичну інформацію, а також калькулятор. Цікавим є додаток, що спрощує побудову графіків «GeoGebra Графічний Калькулятор», що було б корисно студентам при вивченні математичного аналізу, візуального аналізу функцій та прогнозування.

**ДИСТАНЦІЙНІ КУРСИ КАФЕДРИ ТЕХНІЧНОЇ КРІОФІЗИКИ**  
**Борщ О. Є., Жунь Г.Г., Карпенко М.П., Кухаренко В.М., Лубяний Л.З.,**  
**Оверко М.Є., Руденко М.З., Сіпатов О.Ю., Токар Г.І., Черевик М.Г.,**  
**Юшко С.В.**

*Національний технічний університет*  
*«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Перші дистанційні курси з'явилися на кафедрі у 2000 році. Вони були створені у середовищі «Веб-клас ХПІ», яке розробив співробітник та викладач кафедри. Це були курси з інформаційних технологій, математичного моделювання, теоретичних основ, розрахунку апаратів низькотемпературної техніки. Досвід розробки дистанційних курсів був використаний у системі підвищення кваліфікації викладачів університету. За 8 років використання середовища «Веб-клас ХПІ» викладачами університету було створено понад 200 дистанційних курсів.

Були розроблені дистанційні курси для школярів з математики, геометрії, англійської мови, основ техніки низьких температур та створена дистанційна школа «Кріофізик». У цих курсах брали участь школярі Харкова (гімназія №1), Балаклеї (гімназія №1) та багатьох міст України, які потім поступали до НТУ «ХПІ» на різні технічні спеціальності.

У 2008 році всі дистанційні курси були перенесені у нове середовище Moodle. Були створені нові курси з гідрогазодинаміки, вступу до фаху для абітурієнтів, тепломасообміну, тунельної надпровідності, рідкий лід, куратор змісту, теплові насоси. У курсах використовуються відео матеріали, інтелектки, інфографіка, по замовленням проводяться вебінари.

На першому етапі дистанційні курси використовувались для підтримки навчального процесу, відношення до курсів було позитивними, студентам подобалось спілкуватися у курсі, проходити тести, розміщувати виконані завдання. Період адаптації у курсі тривав один семестр. Наявність дистанційних курсів дозволила використовувати різні методи навчання. Набула поширення методика «перевернутий клас», коли студенти вдома опрацьовували теоретичний матеріал, а в аудиторії відбувалось його обговорення та виконання практичних завдань.

Тематичні тести у курсах студенти мають можливість проходити необмежену кількість спроб, підсумковий тест включає 30-50 питань з різних тем не більше 3 спроб, є обмеження у часі. Це допуск до іспиту.

Дистанційні курси зберігають статистику, тому є можливість проводити аналіз, порівнювати результати навчання груп у динаміці.

Зараз на сайті розміщено 27 дистанційних курсів кафедри.

## **GOOGLE CLASSROOM ЯК ІНСТРУМЕНТ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ НАВИЧОК ПІД ЧАС НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ**

**Газдюк К.П.<sup>1</sup>, Нікітіна О.М.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,*

*<sup>2</sup>Чернівецький ліцей №1 математичного та економічного профілів,  
м. Чернівці*

В умовах стрімкого розвитку інформаційно-комунікаційних технологій, учні та студенти повинні набути не лише навчальні, а й технологічні навички, які допоможуть їм конкурувати на світовому ринку праці. В той же час педагоги залучають нові інструменти та ресурси, щоб заощадити час і полегшити навчальний процес. Одним із таких інструментів є Google Classroom – безкоштовний ресурс, який має позитивний вплив на процес досягнення навчальних цілей для обох учасників навчального процесу.

Google Classroom – це веб-платформа, яка інтегрує обліковий запис Google з послугами, включаючи Документи Google, Gmail і Календар Google. Google Classroom заощаджує час і папір, дозволяє легко створювати навчальні курси, розподіляти завдання, спілкуватися і планувати етапи виконання робіт. Педагоги можуть у режимі реального часу бачити, на якому етапі знаходиться виконання поставленого завдання, а також забезпечити прямий зворотний зв'язок та оцінку.

Google Classroom дозволяє використати концепцію диференційованого навчання в повному обсязі, розділяючи клас на групи, що працюють на різних рівнях, враховуючи індивідуальні особливості та можливості засвоєння навчального матеріалу учнями чи студентами. Google Classroom – це чудовий, гнучкий спосіб забезпечити кожного учасника саме тим, що йому потрібно на певному етапі навчання. Google Classroom – це перспективний засіб збору, зберігання та оцінювання учнівських та студентських робіт, який може дисциплінувати обидві сторони навчального процесу. Під час створення завдання можна вказати конкретні інструкції для цього завдання, тему та дату завершення. Якщо робота надсилається після закінчення терміну подачі, Google Classroom все ще приймає завдання, але з відміткою про невчасне виконання.

Оскільки все розміщено в Інтернеті, Google Classroom надає учасникам дистанційний доступ до матеріалів незалежно від того, де вони знаходяться. Виконані завдання не можуть бути втрачені, оскільки вони, як правило, працюють на Диску Google, де все зберігається автоматично. Використання технології Google Classroom допомагає студентам та учням залучатися до процесу навчання своїх колег, коментуючи та доповнюючи їх відповіді, що знаходяться у вільному доступі класу.

Незалежно від того, який предмет ви викладаєте, Google Classroom є прекрасним інструментом для обміну інформацією з учнями чи студентами, збору їх робіт та надання зворотного зв'язку. В цілому, використовувати Google Classroom безумовно варто. Це може заощадити багато часу та енергії, а також допоможе краще підготувати своїх учнів до майбутнього в умовах технологічного прогресу.



## **ИНТЕРАКТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ**

**Горбунов Л.В., Ларинцева Н.В., Иванова А.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

Для Украины с её обширной территорией, богатейшими и далеко не полностью освоенными природными ресурсами, исторической предрасположенностью украинцев к работе на земле, аграрное производство имеет особо большое значение. Ведь от него зависит продовольственная независимость страны, а значит, наша экономика будет постоянно нуждаться в притоке молодых агрономов и животноводов, агроэкологов и селекционеров, биотехнологов и других специалистов агробиологической сферы.

Предложенная методология интерактивного обучения содержит систему методов от постановки учебной проблемы на изучение до получения субъективно новых знаний и их инновации. Процесс обучения проводится преподавателем, по аналогии с исследованием, в форме лекции и практического занятия.

Целью нашей работы является разработка интерактивного учебного курса обучения основными методами развития сельского хозяйства будущего, обеспечивающей заданные компетенции, с эффективностью усвоения знаний до 90%.

Освоение дисциплины состоит в формировании знаний процессов, протекающих с участием почвенных организмов, закономерностей их пространственно-функционального распределения в наземных экосистемах, проблем почвенно-биологического мониторинга, умений и навыков их использования в агрономии.

В предлагаемом курсе освещены принципы существования наземных агроэкосистем, их важнейшие признаки и свойства. Описаны процессы формирования почв в основных природных зонах, механизмов влияния на почвенное плодородие климата, растительности, животных, микробиоты и хозяйственной деятельности человека. Проанализированы экологическая роль и значение для человека важнейших компонентов агроландшафта: культурных и дикорастущих растений, диких и домашних животных, микроорганизмов, дан анализ их взаимоотношений. Приведены причины деградации агроэкосистем, основные направления оптимизации земледелия, повышения плодородия и охраны почв.

Особое внимание уделяется условиям преобразования экстенсивных методов ведения хозяйства в интенсивные на основе применения методов многофакторного анализа и оптимизации. Умение применять концептуальные, базовые структурированные математические модели дает возможность молодым специалистам использовать высокие технологии точного земледелия. В ходе исследования разработан интерактивный учебный курс, содержащий методы анализа и оптимизации процессов в агробиотехнологии, которые необходимы для получения базовых знаний проектирования и интенсификации производства.

## СЦЕНАРИИ ПРИМЕНЕНИЯ БЛОКЧЕЙНА В ОБРАЗОВАНИИ (ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ЕВРОСОЮЗА)

**Горяинов А.Н.**

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко, г.Харьков*

Не так давно в нашу жизнь вошли массовые дистанционные курсы (например, [1]), а на пороге новая технология – блокчейн (blockchain).

Проведенные исследования в Евросоюзе позволили выделить восемь сценариев применения блокчейна в образовании [2] – рис. 1.



Рис. 1 - Основные сценарии использования блокчейна в образовании

Указанные сценарии классифицированы по критерию временной перспективы:

- настоящее и ближайшее время (Present/Short-Term) – номера 1, 2, 5;
- среднесрочная перспектива (Medium Term) – номера 3, 4, 6, 8;
- долгосрочная перспектива (Long-Term) – номер 8.

### Литература:

1. Горяинов А.Н. Эволюция технологии дистанционного обучения на примере курсов по логистике Массачусетского технологического института [Электронный ресурс] // Матер. VI-ої міжн. наук.-практ. інтернет-конф. «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 12-13 квітня 2018 року: зб. наук. праць. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – С. 51-59 (225 с.) [https://www.logistics-gr.com/index.php?option=com\\_content&id=24832&c=47&Itemid=69](https://www.logistics-gr.com/index.php?option=com_content&id=24832&c=47&Itemid=69) – 11.03.2019
2. Alexander Grech, Anthony F. Camilleri. Blockchain in Education, 2017 [http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108255/jrc108255\\_blockchain\\_in\\_education\(1\).pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108255/jrc108255_blockchain_in_education(1).pdf) – 11.03.2019

## **ФОРМУВАННЯ ФАХОВИХ КОМПЕТЕНЦІЙ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОЇ СПРАВИ ЗАСОБАМИ ОН-ЛАЙН КОНСТРУКТОРІВ**

**Донцова М.В**

*Харківський торговельно-економічний інститут  
Київського торговельно-економічного університету, м. Харків*

Однією зі складових у переліку фахових компетенцій фахівця у галузі готельно-ресторанної справи є компетенція щодо використання програмного забезпечення для вирішення типових прикладних задач професійної діяльності. З іншого боку, серед переліку типових задач є задача супроводу інформаційного сайту закладу готельно-ресторанного господарства у форматі інформаційно-комунікативної взаємодії. Для вирішення цієї задачі у процесі вивчення навчальних дисциплін інформатичного циклу студенти виконують проектне завдання, в якому необхідно розробити свій унікальний сайт. Найчастіше для досягнення поставленої мети використовуються безкоштовні хмарні он-лайн конструктори:

- Wix (<https://www.wix.com>);
- Webnote (<https://www.webnode.com.ua>);
- Jimbo (<https://www.jimdo.com>);
- Ucoz (<https://www.ucoz.ua>) та інші.

Інструментарій перелічених сервісів дозволяє наочно продемонструвати:

- інформаційно-комунікативну взаємодію;
- створення і розвиток інтернет-проектів;
- розробку власного стилю сайту;
- можливості по розробці блогу;
- можливості сервісів для аналізу доцільності використання того чи іншого продукту.

Паралельної задачею при створенні web-сайту є задача розробки графічних матеріалів, які розміщуються на сторінках сайту (банери, оголошення, іконки, логотип). Ці матеріали мають відповідати фірмовому стилю підприємства, тобто розробник має застосовувати фірмові кольори, шрифти та зображення. Комплексне вирішення цієї задачі дозволяють втілити он-лайн програми для розробки поліграфічної продукції - <https://www.canva.com> або <https://crello.com>.

Робота над навчальними проектами в розглянутому контексті надає можливість побачити композиційне рішення проблеми, яка може виникнути у майбутньому бізнесі.

## **ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСІ ВИКЛАДАННЯ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ**

**Дубцова О.В.**

*Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця,  
м. Харків*

1. Мета роботи полягає в обґрунтуванні доцільності використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій у процесі викладання іноземної мови.

2. На відміну від традиційного навчання, в електронному навчанні основними носіями навчальної інформації є електронні навчальні ресурси, а спілкування між викладачем та студентом ґрунтується на використанні інформаційно-комунікаційних технологій (комп'ютерної техніки, мережевих технологій, зокрема Інтернет, мобільного зв'язку).

3. Електронні навчальні ресурси є навчально-методичними матеріалами, що містяться на електронних носіях та є доступними для викладачів та студентів через комп'ютерні інформаційні мережі (Інтранет, Інтернет), мережі мобільного зв'язку або через «тверді» електронні носії (Flash, CD, DVD, MP3 тощо). Електронні навчальні ресурси включають системи управління навчальним процесом, дистанційні курси, відеокурси, онлайн семінари, електронні конспекти лекцій, віртуальні лабораторні роботи, віртуальні лекційні демонстрації, організаційно-методичні матеріали в електронному вигляді, тестові та інші форми контролю, що забезпечуються інформаційно-телекомунікаційними системами.

4. Використання інформаційно-комунікаційних технологій в освітньому процесі розкриває нові можливості для навчання іноземної мови та дозволяє перейти на якісно новий рівень викладання [1, с. 337–338].

5. Навчання іноземної мови в режимі онлайн дозволяє охоплювати величезну аудиторію й використовувати максимум можливостей електронного навчання, здійснюючи оперативний контроль в будь-якій точці світу, обладнаної доступом до мережі Інтернет.

6. За електронного офлайн навчання (такого, що не передбачає використання інтернет-технологій) викладач може використовувати в аудиторії інформацію, що зберігається на флеш-пам'яті, CD та DVD дисках тощо, обираючи той чи інший носій в залежності від потреб навчання.

### **Література:**

1. Адамбекова Б. М. E-learning – новые возможности в обучении иностранному языку в техническом вузе / Б. М. Адамбекова // Вестник Казахского национального технического университета им. К. И. Сатпаева. – 2013. – № 6 (100). – С. 336–339.

## **ЗДОРОВЬЕСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ И ВОСПИТАНИИ УЧАЩИХСЯ**

**Левицкий А.Н.**

*Горецкий педагогический колледж*

*УО «Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова»,  
г. Горки*

Под здоровьесберегающей образовательной технологией Петров О.В. понимает систему, создающую максимально возможные условия для сохранения, укрепления и развития духовного, эмоционального, интеллектуального, личностного и физического здоровья всех субъектов образования (учащихся, педагогов, родителей учащихся и др.) [2].

Цель здоровьесберегающих технологий в обучении и воспитании учащихся – обеспечение высокого уровня реального здоровья и воспитание валеологической культуры как совокупности осознанного отношения к здоровью и жизни человека, знаний о здоровье и умений оберегать, поддерживать и сохранять его, валеологической компетентности, позволяющей учащемуся самостоятельно и эффективно решать задачи здорового образа жизни и безопасного поведения [1].

Смирнов Н.К. выделяет следующие виды здоровьесберегающих технологий, которые можно реализовать в обучении и воспитании учащихся:

1) *Медико-гигиенические технологии*: контроль и помощь в обеспечении надлежащих гигиенических условий в соответствии с регламентациями санитарных правил и норм.

2) *Физкультурно-оздоровительные технологии*: направлены на физическое развитие занимающихся, закаливание, воспитание основных физических качеств (силы, быстроты, гибкости, ловкости, координационных способностей). Реализуются в процессе физического воспитания учащихся.

3) *Экологические здоровьесберегающие технологии*: создание природосообразных, экологически оптимальных условий жизни и деятельности учащихся, гармоничных взаимоотношений с природой.

4) *Технологии обеспечения безопасности жизнедеятельности*: интеграция в общую систему здоровьесберегающих технологий требований и рекомендаций специалистов по охране труда, защите от чрезвычайных ситуаций, представителей коммунальной, инженерно-технических служб и т. д. [3].

Комплексное применение данных технологий помогают решать проблемы сохранения и укрепления здоровья в обучении и воспитании учащихся.

### **Литература**

1. Валошина, Л.А. Организация здоровьесберегающего пространства / Л.А. Валошина // Дошкольное воспитание. – 2004. – №1. – С. 114–117.

2. Петров О. В. Здоровьесберегающая деятельность в школе / О.В. Петров // Воспитание школьников. – 2005. – № 2. – С. 19 – 22.

## РОЗРАХУНКИ ТРАЄКТОРІЇ ПОЛІТУ ТІЛА ПІД КУТОМ ДО ГОРИЗОНТУ ВІД ДАВНИНИ ДО НАШИХ ДНІВ.

Літвинова Д.Д., Сендеров О.А

*ХСШ І–ІІІ ступенів № 166, Математичний гурток, м. Харків*

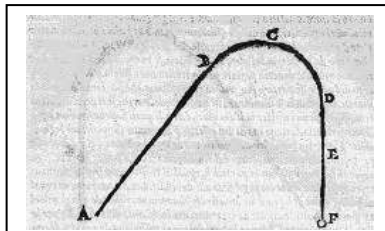


Рис.1 Траєкторія політу тіла за Аристотелем.

Ще Аристотель намагався зрозуміти траєкторію польоту кинутого тіла (рис.1) Як бачимо, за Аристотелем, ця траєкторія складається з двох прямолінійних сегментів. Перший з них являє насильницьке рух випущеного з гармати снаряду, а другий - природний рух вниз, відповідно до доктрини Аристотеля про природний рух важких фізичних тіл до центру Землі. Поєднує їх сегмент криволінійного руху.

### Алгоритм розрахунку траєкторії політу снаряду.

Засновник науки «Балістики» Галілео Галілей поклав в її основу дослідження параболи. При цьому швидкість тіла, яке рухається під кутом  $\alpha$  до горизонту ( $V_0$ ), розкладається на дві складові частини: горизонтальну ( $V_{0x}$ ) і вертикальну ( $V_{0y}$ ). При цьому, на тіло діє поле земного тяжіння з прискоренням  $g=9,8 \text{ м/сек}^2$ . В своєму сучасному вигляді ця задача має такий вираз: «Знайти оптимальний кут нахилу ствола артилерійської гармати до горизонту, так щоб влучити в ціль на відомій відстані та визначити рівняння руху снаряду» за формулами:

$$\alpha = 0,5 \times \arcsin(S_0 \times g / V_0^2), \quad y = \operatorname{tg} \alpha \cdot x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \cdot x^2,$$

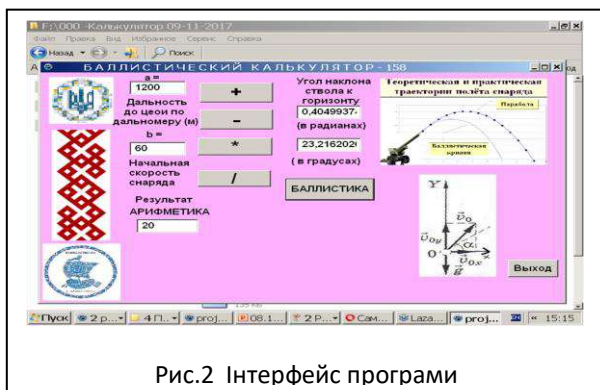


Рис.2 Інтерфейс програми

### Балістичний калькулятор.

Нами розроблена комп'ютерна програма «Балістичний калькулятор» на мові Делфі (рис.2). Підсумки. Таким чином, в нашій роботі наведені постановка і алгоритм розв'язання задачі розрахунку балістичної траєкторії в полі земного тяжіння.

## **РОЗРОБКА ВЕБ-ЗАСОБІВ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТЕМПЕРАМЕНТА ТА ХАРАКТЕРУ**

**Макарець К.В., Савченко М.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Спілкування і робота з людьми вимагає від керівника знання психологічних властивостей особистості своїх підлеглих. Воно дозволяє адекватно оцінювати індивідуальні психологічні якості і можливості себе і своїх працівників. Індивідуальні властивості психіки [1], що визначають динаміку психічної діяльності людини, особливості поведінки і ступінь врівноваженості реакцій на життєві впливи збирає в собі поняття темпераменту.

В рамках даної роботи був запропонований універсальний підхід для реалізації різних тестів темпераменту базується на застосуванні інформаційно-комунікаційних засобів, що включають збір первинної інформації та її обробку на базі інтерактивного сайту. В рамках проекту були реалізовані:

- багатофакторний особистісний опитувальник Р. Кетела різних версій;
- багатофакторний особистісний опитувальник FPI;
- діагностика агресивності за тестом Баса-Дарки;
- тест для визначення акцентованого вираження людини Леонгарда-Шмішека;
- визначник типів акцентуацій характеру по Личко;
- п'ятифакторна особистісний опитувальник МакКрає-Коста.

Наприклад, аналіз і інтерпретація результатів по тесту Баса-Дарки дозволяє виявити потенцію до прояву агресії і ворожості. При цьому можуть бути виділені наступні види реакцій випробуваного:

- фізична агресія – використання фізичної сили проти іншої особи.
- непряма агресія (агресія, яку направляють обхідним шляхом).
- роздратування – готовність до прояву негативних почуттів при найменшому порушенні (запальність, грубість) і т.д.

Розроблена система психологічного тестування (істотна модернізації підсистеми психологічного тестування віртуального навчального середовища «Веб-клас ХПІ») структурно складається з модуля підготовки тесту, доставки тесту випробуваному, підсистеми збору та аналізу результатів тестування. Гнучкість модуля підготовки тесту досягається за рахунок поділу процесу створення тесту на дві стадії, а саме, спочатку формується база питань, а потім створюється обробник даного типу тесту.

### **Література:**

1. Батаршев А.В. Диагностика темперамента и характера. 2 изд. – СПб: Питер, 2007. – 368 с.: ил. – (Серия «Практическая психология»).

## **ЗМІШАНЕ НАВЧАННЯ В КУРСІ ОРГАНІЗАЦІЯ БАЗ ЗНАНЬ**

**Савченко М.В.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Курс «Організація баз знань» (ОБЗ) грає істотну роль при вивченні основ систем штучного інтелекту. Метою даної роботи було створення і впровадження в навчальний процес дистанційного курсу для підтримки очних занять студентів 2-го курсу з основ ОБЗ з використанням нових інформаційних технологій. Курс розроблявся з урахуванням особливостей віртуального навчального середовища «Веб-клас» [1] (код середовища та інформацію про неї можна знайти на сайті <http://publ.lib.ru>) і розміщений на порталі університету. Адреса курсу <http://dl.kpi.kharkov.ua/techn/nvs30/>. В курсі передбачено гостьовий вхід (логін, пароль: stud).

Зміст курсу відповідає навчальній програмі курсу. В курсі передбачено проходження 18 тестів (16 щотижневих і 2 модульних теста). 8 лабораторних робіт включають різні моделі побудови баз знань: продукційна, логічна, семантична, фреймова і ін. На сайті курсу представлена навчальна програма, теоретичний матеріал, тести, лабораторні роботи, розрахунково-графічні завдання. За кожне виконання завдання студенту нараховуються бали, у викладача є можливість налагодити індивідуальний контакт з будь-яким студентом навчальної групи. Особливістю лабораторних робіт є те, що лабораторні роботи можуть бути виконані безпосередньо на сайті курсу разом з підсумковим звітом за допомогою вбудовано в середовище інструменту - Анкетування. Практика показала, що теоретичний матеріал найкраще представляти у вигляді розширених презентацій (тобто презентація складаються зі слайдів з ґрунтовною текстовою інформацією). На сайті курсу була зібрана колекція відеоматеріалів по сучасним моделям баз знань.

Робота на сайті курсу дозволила виробити уявлення про стандартну структуру навчального курсу, оптимізувати кількість завдань, визначити розумне співвідношення в балах за виконання різних видів завдань. Важливо відзначити, що в рейтингових оцінках необхідно враховувати відвідування студентами очних занять та їх активність на них. Суттєвим моментом в курсі має бути наявність творчих завдань. На сайті курсу зібрана бібліотека текстових джерел, що дають можливість подивитися на теоретичні питання курсу з різних точок зору. Сайт дозволяє накопичувати інформацію про активність студентів поточної навчальної групи і порівнювати з попередніми циклами навчання.

### **Література:**

1. Савченко Н.В. Методика разработки дистанционного курса в среде "Веб-класс ХПИ": для преподавателей, магистров и аспирантов высших учебных заведений – Харьков: НТУ "ХПИ", 2008. - 200 с. (ISBN 978-966-593-601-5)



## ДУАЛЬНЕ НАВЧАННЯ – НОВИЙ НАПРЯМОК ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ

Самородов В.Б., Краснокутський В.М., Павлій Н.В.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Кафедра «Автомобіле- і тракторобудування» 23-25 жовтня 2018 року представляла НТУ «ХПІ» на X міжнародній виставці «Інноватика в сучасній освіті» в секції «Інновації в змісті і формах освітньої діяльності». Була продемонстрована презентація кафедри «Дуальна освіта — новий шлях і засіб для формування і розвитку професійної компетенції майбутніх фахівців». У ній розкрита суть дуального підходу, який застосовує кафедра: теоретична підготовка студентів здійснюється на кафедрі, а практична — у рамках робочого процесу на виробництві ВАТ ХТЗ та СТО м. Харкова. Вперше в Україні дуальна форма навчання в машинобудуванні застосована на Харківському тракторному заводі. Активну участь у впровадженні дуальної форми навчання взяли: ректор НТУ «ХПІ» професор Євгеній Сокол, завідуючий кафедрою «Автомобіле - і тракторобудування» професор Вадим Самородов, генеральний директор ВАТ «ХТЗ» Андрій Коваль, технічний директор ВАТ «ХТЗ» Віктор Пивовар, головний конструктор підприємства Дмитро Каптенков, головний інженер проекту Петро Полишук, доценти кафедри «Автомобілі - і тракторобудування»: Олексій Ребров і Ніна Павлій. За підсумками діяльності кафедри в цьому напрямі НТУ «ХПІ» завоював золоту медаль за впровадження дуальної освіти, а також отримав почесне звання «Лідер інновацій в освіті» та диплом «Інноватика в сучасній освіті» в номінації «Впровадження дуальної освіти — новий шлях і спосіб формування і розвитку професійної компетентності майбутніх фахівців». В ході роботи виставки інтерес до дуальної освіти проявляли університети, коледжі, ліцеї, гімназії і загальноосвітні школи з усіх регіонів України. Виставка «Інноватика в сучасній освіті» набуває все більшу авторитетність і масштабність, стає справжнім форумом, на якому відбувається представлення, апробація і обговорення освітніх, наукових, науково-технічних інновацій. У роботі виставки взяли участь 545 представників з 25 регіонів України, Чехії, Словаччини, Польщі, США, Болгарії, інших країн. Її супроводжувала насичена тематична програма, що включала конференції, презентації, семінари, майстер-класи, дискусії (всього 68 заходів).

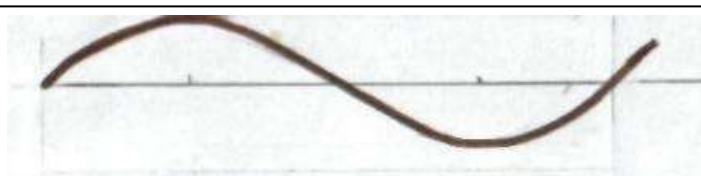
Концепція **дуальної освіти** спрямована на максимальне зближення студента і працедавців. У НТУ «ХПІ» проведені зміни в організації учбового процесу у бік підвищення практичної підготовки. Позитивні показники **дуальної освіти**: організація постійної і взаємовигідної співпраці університету і працедавців; залучення кваліфікованого персоналу до педагогічної діяльності (інструктори, викладачі); створення високої мотивації отримання знань і придбання професійних навичок; моніторинг якості надання освітніх послуг у сфері професійної освіти, оновлення освітніх стандартів; високий рівень працевлаштування.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗУЧЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ.

Сендеров А.А., Алёшкина А.М., Пирог Д.С.

*ХЗОШ № 158, математический кружок, м. Харьков*

Любой учебный процесс, в идеале, является диалогом между преподавателем и студентами (или учениками). Однако, уже давно доказано, что



$\lambda$  – длина волны (м); Амплитуда -  $A$  (м);

Период -  $T$ , (с); Частота -  $\nu$ , Гц

Рис.1 форма гармонических колебаний и их параметры

каждый ученик (или студент) воспринимает новую информацию на 80 % зрительно (т.е. глазами) и лишь на 10-15 % через органы слуха (т.е. ушами). Поэтому надо дополнять традиционные методы преподавания физики наглядными примерами на

современном компьютерном уровне, поднимая качество образовательного процесса.

Применительно к изучению как очевидных (например, маятник), так и не очевидных (например, электрический ток или радиоволны) колебательных

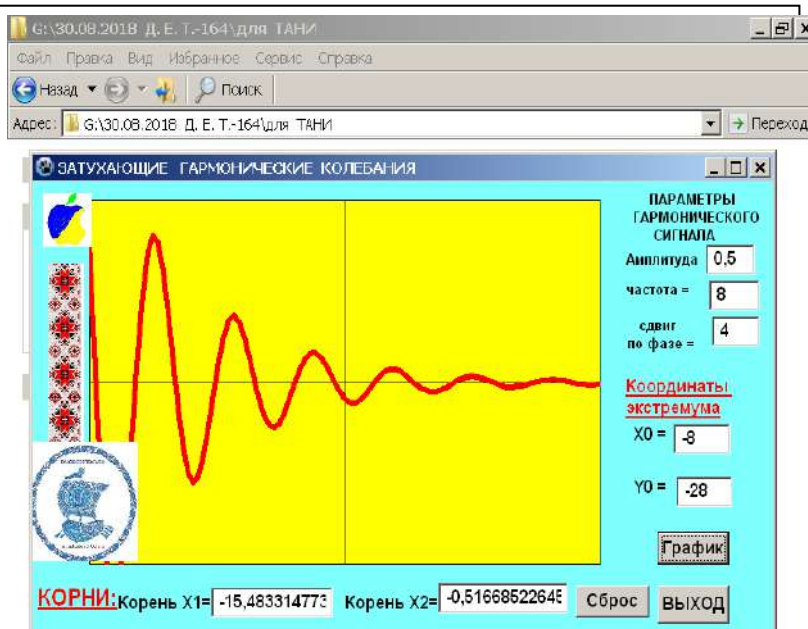


Рис.2 Интерфейс программы «Генератор гармонических колебаний»

процессов, вначале надо подчеркнуть общую формулу их математической модели (т.е. синусоиды) и указать все параметры этого процесса (рис.1).

Далее можно отметить, что компьютерная модель (т.е. программа) позволяет моделировать гармонические колебания любой формы, задавая различные значения параметров, т.е.  $\lambda$ ,  $A$ ,  $T$ ,  $\nu$ .

Ниже (на рис.2) приведен пример реализации учебной компьютерной модели для наглядной демонстрации темы «Затухающие гармонические

колебания».

## КАК СТАТЬ STEAM-ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ?

Столяревская А.Л.

г. Харьков

Внедрение STEAM в процесс обучения подразумевает включение двух стандартов: стандарта из области науки, технологии, инженерии и/или математики и стандарта по Искусству, которые должны преподаваться и оцениваться изнутри и друг через друга [1]. Эта идея не является новой. Исследования по использованию межпредметных связей, развитию артистических, презентативных и изобретательских способностей, приобретению навыков коллективного творчества проводились и ранее. Заслуживающий внимания практический пример описан в работе [2].

Подобный подход к обучению не является простой задачей. Поиск точек соединения Искусства и других школьных предметов может привести к самым неожиданным результатам, например, к созданию фотосерий - наполнению изобразительного ряда снимками при изучении математической темы, к сопоставлению словесного и живописного портрета при изучении иностранного языка или к соединению музыки с программированием [3].

Что же требуется от современного преподавателя, чтобы стать STEAM-специалистом? Прежде всего, предполагается использовать средств Искусства для помощи учащимся в усвоении ими контента точных наук. Обучение можно пройти на STEAM-портале компании EducationCloset, которая предлагает свои собственные онлайн курсы [4], а также онлайн ресурсы [5, 6] в виде бесплатных печатных материалов для учителей, бесплатных планов уроков STEAM, 50+ ресурсов STEAM и учебной программы. Интересные идеи можно почерпнуть на сайте режиссера Джорджа Лукаса, который поддержал идею STEAM-образования и организовал фонд - площадку для обмена опытом педагогов, стремящихся соединить искусство и преподавание технических дисциплин [7].

Также, в работе [8] было уточнено понятие STEAM-ориентированной образовательной среды и выделены основные ее элементы для развития информационно-цифровой компетентности учителя украинской школы.

### Литература:

1. What is STEAM? EducationCloset. 17.03.2019 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://educationcloset.com/steam/what-is-steam/>
2. Кравченко И. Описание предметной недели МИФ (математики, информатики, физики) в средней школе. 23 ноября 2013 года [Электронный ресурс] // Режим доступа: [http://www.ug.ru/method\\_article/733](http://www.ug.ru/method_article/733)
3. Толкачева Е. Зачем физикам лирика: как возвращается искусство в школы. 2 февраля 2015 года [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://newtonew.com/school/zachem-fizikam-lirika-kak-vozvrashchaetsja-iskusstvo-v-shkoly>
3. The Designed to STEAM Online Class. 17.03.2019 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://educationcloset.com/courses/designed-to-steam/>
5. Free STEAM Lesson Plans. 17.03.2019 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://educationcloset.com/arts-integration-lessons/>
6. 50+ STEAM Resources. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://educationcloset.com/2014/11/04/50-resources-for-steam/>
7. George Lucas Educational Foundation. Edutopia. 17.03.2019 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.edutopia.org/>
8. Сороко Н.В. Проблема создания STEAM ориентированной образовательной среды для развития информационно-цифровой компетентности учителя основной школы. 17.03.2019 [Электронный ресурс] // Режим доступа: [http://lib.iitta.gov.ua/713161/1/Сороко\\_статья\\_ЦДПУ.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/713161/1/Сороко_статья_ЦДПУ.pdf)

## **ПРО ПРОВЕДЕННЯ ІНТЕРНЕТ-ОЛІМПІАДИ «ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА»**

**Твердохлебова Н.Є.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Україна знаходиться у стані підвищеної небезпеки для життя усіх громадян. 11 січня 2019 року в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» втретє відбулася учнівська Інтернет-олімпіада «Цивільна безпека» в режимі online. Діяльність заходу визначається наявністю небезпечних для населення факторів та необхідністю формування поняття життя і здоров'я людини як вищої мети розвитку суспільства.

Організаційно-методичне забезпечення здійснювали співробітники кафедри «Охорона праці та навколишнього середовища» НТУ «ХПІ». Інтернет-ресурс для проведення Інтернет-олімпіади забезпечував Інформаційно-обчислювальний центр та Проблемна лабораторія дистанційного навчання.

Інформацію щодо проведення заходу було надано в Департамент освіти Харківської міської ради, Департамент науки і освіти Харківської обласної державної адміністрації, розміщено на головній сторінці сайту кафедри <http://web.kpi.kharkov.ua/safetyofliving/ru/glavnaya/>, а також на сайтах шкіл.

Учнівська Інтернет-олімпіада проводилася серед учнів випускних класів загальноосвітніх закладів, ліцеїв, гімназій. Адреса сторінки Інтернет-олімпіади <http://dl.khpi.edu.ua/course/view.php?id=185>.

Мета проведення заходу:

- звернути увагу учнів і залучити до пошуку рішень проблем із цивільної безпеки в сучасних умовах нашої країни;

- підвищувати інтерес до поглибленого вивчення напрямку «Цивільна безпека».

Завдання заходу:

1. Сформулювати суб'єктивне уявлення про джерела реальних небезпек зростаючого покоління.

2. Знайти та вказати шляхи подолання існуючих небезпек у сучасному суспільстві та збереження здоров'я населення.

Учасники Інтернет-олімпіади до початку її проведення були ознайомлені з порядком її проведення, особливостями онлайн-тестування, характером і обсягом завдань, а також правилами нагородження переможців і заохочення учасників.

Переможці Інтернет-олімпіади нагороджені дипломами I, II, III ступенів, а директорам шкіл і вчителям надіслані листи-подяки. Всі учні, які прийняли участь в Інтернет-олімпіаді отримали сертифікати учасника.

Освітній зміст заходу полягає в організації інтелектуального змагання школярів в режимі онлайн для формування поняття про джерела існуючих небезпек. Навчальний зміст визначається розвитком і підтримкою інтересу школярів до знаходження шляхів подолання небезпек у сучасному суспільстві для збереження здоров'я нації.

## **АНАЛІЗ ТИПОВИХ ПОМИЛОК РОЗРОБНИКА ДИСТАНЦІЙНОГО КУРСУ**

**Токар Г.І.**

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

При всій різноманітності розроблюваних дистанційних курсів, можна виявити в них типові помилки розробників дистанційних курсів, що створює проблеми при навчанні як для викладача, так і для того, якого навчають.

### **Помилка 1. Проектування курсу.**

Розробники частіше за все намагаються пропустити цей етап створення курсу. Або ж беруть інформаційні матеріали і під них підбирають практичні завдання. Однак при проектуванні потрібно встановити цілі кожного завдання, під ці цілі розробити практичні завдання і вже до них підібрати необхідні інформаційні матеріали.

### **Помилка 2. Цілепокладання.**

Зазвичай як ціль заняття вибирається «вивчити» щось, але не можливо якісно або кількісно оцінити це «вивчення». Цілі навчання повинні бути виражені через елементи засвоєння - елементи таксономії Блума.

### **Помилка 3. Інформаційні матеріали.**

Інформаційні матеріали робляться неструктурованими, задовгими, не містять виділень в тексті, необхідних графіків, таблиць, посилань. Тексти монотонні, не оздоблені графікою, відео.

### **Помилка 4. Оцінювання.**

Оцінювання результату навчання або не передбачається зовсім, або не є зрозумілим студенту. Дуже важливо чітко описувати оцінювання усіх видів діяльності студента.

### **Помилка 5. Ігнорування досвіду інших розробників дистанційних курсів.**

Майже однакові помилки на перших етапах розробки дистанційних курсів свідчать, що розробники не вважають необхідним ознайомитись з досвідом вже існуючих апробованих дистанційних курсів. Однак, саме в таких курсах викладачі вносять корективи за результатами навчання і контактами з студентами.

Наведеними помилками не вичерпано перелік типових вад новостворених дистанційних курсів, радше привернуто увагу до необхідності більш виваженого підходу при створенні дистанційних курсів.

## **ИНТЕРАКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕАЛИЗАЦИИ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА В ФОРМИРОВАНИИ СТОХАСТИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩЕГО ЭКОНОМИСТА**

**Чунова Н.В.**

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

В работе рассматриваются вопросы компетентностного подхода в образовании, а также возможности интерактивных технологий реализации компетентностного подхода в формировании стохастической компетентности будущего бакалавра экономики при изучении курса «Теория вероятностей и математическая статистика», в частности, использование компетентностно-ориентированных заданий и кейс-заданий. В настоящее время в образовании делается ставка на компетентностный подход. В учебную программу закладываются параметры описания того, что студент будет знать и уметь, став выпускником. Возникновение понятия стохастической компетентности связано с: утверждением в системе образования компетентностного подхода; возрастающим общественным интересом к теории вероятностей, математической статистике, теории случайных процессов и применению вероятностно-статистических методов. По этой причине стохастические знания становятся крайне востребованным компонентом содержания образования. Этим и определяется актуальность данной работы. Под стохастической компетентностью понимается проявленная готовность к деятельности, представляющая собой владение основными понятиями комбинаторики, теории вероятностей, математической статистики, способностью их применять в ситуациях, которые могут возникнуть в практической деятельности. Основными инструментами, способствующими формированию стохастической компетентности студентов, являются интерактивные методы обучения, в частности, использование компетентностно-ориентированных заданий и кейс-заданий, наиболее соответствующих компетентностному подходу. Научная новизна определяется системой требований к компетентностно-ориентированным заданиям и кейсам как обязательных средств для развития стохастической компетентности, созданием методики реализации курса «Теория вероятностей математическая статистика» с целью развития стохастической компетентности студентов. Тестирование студентов, проведенное после изучения курса с применением интерактивных методов, показало, что студенты стали более уверенно применять стохастические знания к решению задач, к разрешению проблем, к умению анализировать ситуацию. Делается вывод о необходимости изменения существующей методики преподавания дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика» путем внедрения интерактивных методов обучения и включением дистанционной поддержки курса для самостоятельной работы студентов.

## ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ В ОСВІТІ

Шуляков В.М., Фастовець В.І.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
м. Харків*

В роботі розглянуто питання впливу доповненої реальності (ДР) на звичайний процес навчання.

У ДР є можливість змінити місце і час навчання, впровадити нові і додаткові способи і методи. Можливості технології доповненої реальності можуть зробити заняття більш привабливими, а інформацію - більш зрозумілою.

На сьогоднішній день 80% молоді володіють смартфонами. Тим часом, значно менша частина молодих людей використовує телефони для навчання, виконання домашніх завдань, пошуку інформації про предмет і т.п.

Потенціал об'єднання смартфонів і доповненої реальності для освіти дуже великий. ДР різними способами може надати студентам додаткову інформацію з будь-якого предмету і спростити розуміння складної інформації.

Провівши аналіз застосування доповненої реальності в освіті було виділено ряд способів з'єднання реальності і цифрового контенту.

1. Використання доповненої реальності в аудиторії. Медіа контент в сукупності з доповненою реальністю на заняттях в аудиторії може привернути увагу студентів в наш динамічний час, а також спонукати їх до навчання. Виконуючи домашнє завдання, учні можуть сканувати певні елементи книг і отримувати текстові, аудіо- чи відео-підказки від викладачів.

2. ДР допомагає пояснити абстрактні і складні поняття. ДР-технологія здатна візуалізувати об'єкти, які важко уявити, і перетворити їх в 3D-моделі, що полегшує сприйняття абстрактного і складного контенту.

3. Взаємодія і залучення. Включаючи доповнену реальність в заняття, викладачі можуть залучати учнів до процесу за допомогою тривимірних моделей. Це може бути просто частина уроку, або підтримка основної теми заняття з додатковою інформацією з іншої точки зору.

4. Моделювання об'єктів. Доповнена реальність в основному означає взаємодію з 3D-моделями. Що дозволяє отримати саме прикладні знання для найрізноманітніших предметів. Додатки ДР можуть бути одним із способів вивчення структури і вигляду складних технічних об'єктів, доступ до яких важко отримати в рамках університету. Зазвичай існує можливість обертати моделі, встановлювати стилі кольору, шари відображення.

5. Навчання. У багатьох випадках теоретичних знань недостатньо для отримання належних навичок в професійних областях. Студенти не повинні бути просто слухачами і пасивними спостерігачами. Студенти технічних факультетів особливо потребують практики і практичного досвіду в своїх областях. Завдяки взаємодії, на відміну від віртуальної реальності, функції ДР можуть допомогти виконати віртуальну практику - з розширеними навчальними посібниками, цифровим моделюванням і симуляціями. Що дозволить по завершенні практики отримати певний досвід.

**Наукове видання**

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ:  
НАУКА, ТЕХНІКА, ТЕХНОЛОГІЯ, ОСВІТА, ЗДОРОВ'Я**

**Тези доповідей  
XXVII МІЖНАРОДНОЇ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
MicroCAD-2019**

**У чотирьох частинах  
Ч. II.**

Укладач

*проф. Лісачук Г.В.*

Відповідальний секретар

*Кубрак К.М.*

Формат 60×86 /16. Ум. друк. арк. 19.4 Наклад 100 прим.

Надруковано у ТОВ «Планета – Принт»  
61002, м. Харків, вул. Багалія, 16  
Свідоцтво № 24800170000040432 від 21.03.2001р.